PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 24. 1. Dezember 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 25 am 5. Dezember 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

R. W. Wood, Fluoreszenzspektren und Spektren magnetischer Drehung des Natriumdampfes und ihre Analyse. S. 873.

J. Stark, Über die Lichtemission durch die α-Strahlen. S. 892.

W. Miller, Zeeman-Effekt an Mangan und Chrom. S. 896.

Chr. Ries, Selbsttätiger Unterbrecher. S. 899.

Vorträge und Diskussionen von der 78. Naturforscherversammlung zu Stuttgart:

M. Trautz, Beiträge zur Photochemie. S. 899.

E. Grüneisen, Über das Verhalten des Gußeisens bei kleinen elastischen Dehnungen. S. 901.

E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, Über den Zeeman-Effekt in schwachen Magnetfeldern. S. 905.

J. Zenneck, Ein einfaches Verfahren zur Photographie von Wärmestrahlen. S. 907.

Besprechungen:

J. J. Thomson, Elektrizitätsdurchgang in Gasen. S. 909.

P. Höfner, Lichtstrahlung und Beleuchtung. S. 909.

E. Rudolph, Ostasiatischer Erdbebenkatalog. S. 909.

Briefkasten:

St. Meyer, Über das Zerschlagen alter Glühlampen. S. 912.

Berichtigungen. S. 912.

Personalien. S. 912.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Fluoreszenzspektren und Spektren magnetischer Drehung des Natriumdampfes, und ihre Analyse.

Von R. W. Wood.

Durch meine frühere im Philosophical Magazine[1]) veröffentlichte Arbeit bin ich zu der Überzeugung gelangt, daß eine sorgfältig durchgeführte Untersuchung der merkwürdigen optischen Eigenschaften des Natriumdampfes mit der Zeit den Schlüssel zur Lösung des Problems der Molekülschwingung und -Strahlung liefern wird. In dieser Ansicht bin ich durch die im letztverflossenen Jahre ausgeführten Arbeiten noch bestärkt worden, und obschon noch vieles zu tun übrig bleibt, halte ich es doch für das Beste, die bereits erhaltenen Ergebnisse mitzuteilen. In keinem anderen mir bekannten Falle unterliegt der Mechanismus des Moleküles so vollständig der Kontrolle des Experimentators. Seine Periodizitäten können auf verschiedene Weise studiert werden: mit Hilfe der Absorption, der Erregung durch Kathodenstrahlen, der Erregung durch Licht, und zwar entweder durch weißes, oder durch monochromatisches, und schließlich mit Hilfe der merkwürdigen selektiven magnetischen Drehung der Polarisationsebene.

Untersucht wird in allen Fällen der Dampf, welcher durch Erhitzung metallischen Natriums in — gewöhnlich bis zu einem hohen Grade ausgepumpten — Röhren aus Stahl oder Porzellan gewonnen worden ist. Eine Untersuchung der Dispersion dieses Dampfes läßt es wahrscheinlich erscheinen, daß wir es hier mit Molekülgruppen zu tun haben, mit denen eine gewisse Menge Wasserstoff vereinigt sein kann.

Wenn man einen Satz von Natrium in einer wagerecht angeordneten, stark ausgepumpten Röhre erhitzt, deren obere Seite kälter ist als die untere, so hat der Dampf, wie ich in einer früheren Arbeit[1]) gezeigt habe, dicht über der Oberfläche des Satzes eine überaus große optische Dichte, längs der Röhrendecke aber eine sehr geringe; dabei wirkt die inhomogene Schicht wie ein Prisma. Ich vermag diesen Sachverhalt mit der kinetischen Theorie nicht anders in Einklang zu bringen als durch die Annahme, daß der Dampf das Metall in Form zusammengeballter Moleküle verläßt, die dann nach und nach in kleinere Gruppen und unter Umständen in einzelne Moleküle zerfallen. Das ist natürlich nur eine Hypothese, und ich erwähne diese in der vorliegenden Arbeit nur, um zu zeigen, daß unser schwingender Mechanismus ein Aggregat und nicht ein einzelnes Molekül sein kann. Möglicherweise sind auch Wasserstoffatome mit dem Natrium vereinigt; meine Arbeit über die Dispersion deutete nämlich darauf hin, daß stets eine kleine Spur irgendeines anderen Gases als Natrium zugegen war, welche auch durch noch so anhaltendes Pumpen nicht entfernt werden konnte; dieses beigemengte Gas schien gleichsam in den Natriumdampf eingewickelt zu sein, und kondensierte sich mit diesem in den kälteren Teilen des Rohres. All diese Dinge sind indessen für unsere Betrachtungen ohne Bedeutung, denn wir haben es einstweilen nur mit der Untersuchung eines bestimmten merkwürdigen Schwingungsmechanismus zu tun, und brauchen uns zunächst nicht darum zu kümmern, ob dieser Mechanismus ein Molekül, eine Gruppe von Molekülen, oder ein zusammengesetztes Molekül ist.

1) Magneto-optics of Sodium Vapor. Phil. Mag., October 1905; The fluorescence of Sodium Vapor. Phil. Mag., Nov. 1905; diese Zeitschr. **6**, 903, 1905.

1) A Quantitative Determination of the Dispersion of Sodium Vapor. Proc. Am. Acad. **40**, 335; diese Zeitschr. **5**, 751, 1904.

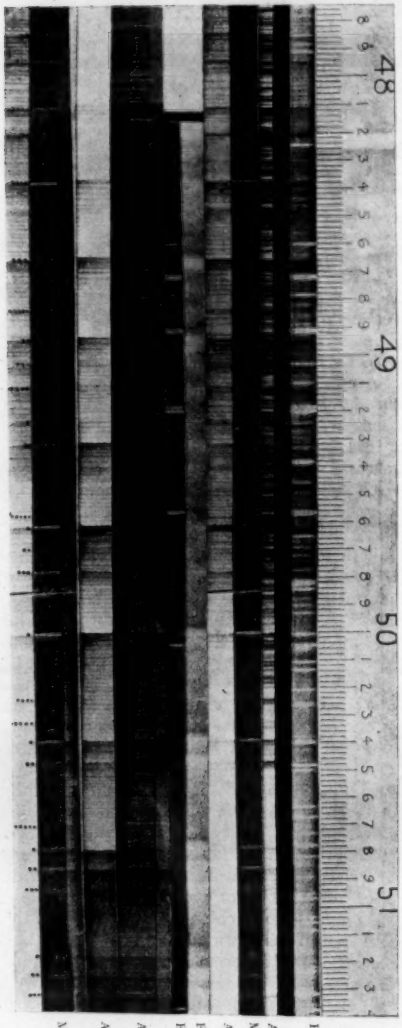


Fig. 1.

Wir wollen mit einer Beschreibung der verschiedenen Spektren beginnen, die wir in der vorliegenden Arbeit untersuchen und vergleichen wollen. Das Spektralgebiet, welches uns angeht, liegt zwischen den Wellenlängen 4600 und 5700[1]), also in der Gegend des grünblauen kannelierten Absorptionsspektrums.

Das Absorptionsspektrum.

Bei photographischer Aufnahme mittels des zwölffüßigen Konkavgitters erweist sich das Absorptionsspektrum als aus einer Menge feiner Linien bestehend, deren Zahl sich in dem oben näher bezeichneten Spektralgebiet auf etwa 1500 beläuft. Es zeigte sich, daß das Aussehen des Spektrums durch die Anwesenheit von Wasserstoff oder irgendeinem anderen indifferenten Gase stark beeinflußt wird. In Figur 1 *g* ist das Spektrum mittels eines zwölffüßigen Konkavgitters nach einer in der zweiten Ordnung gemachten photographischen Aufnahme wiedergegeben. Das Aussehen des Spektrums in Wasserstoff bei Atmosphärendruck zeigen die Spektren *f* und *h* in derselben Figur; hier ist die Kannelierung sehr ausgeprägt. Das Aussehen des Spektrums im hohen Vakuum zeigt Figur 1 *b*; daselbst ist die Kannelierung vollständig verschwunden. Die hauptsächliche Veränderung scheint in dem gesteigerten Absorptionsvermögen gewisser Linien oder Liniengruppen zu liegen. Das Spektrum *d* ist unter angenähert denselben Verhältnissen aufgenommen worden, doch war dabei der Natriumdampf weniger dicht. Eine sorgfältige Untersuchung über den Einfluß, welchen ein indifferentes Gas ausübt, ist bisher noch nicht ausgeführt worden, und ich erwähne diesen Einfluß hier nur wegen seiner Beziehung zu dem Gegenstande dieser Arbeit. Von den Absorptionslinien haben verhältnismäßig wenige irgendwelche Beziehung zu den Spektren der Fluoreszenz und der magnetischen Rotation; die betreffenden sind aber auch die, welche durch die Anwesenheit des indifferenten Gases beeinflußt werden.

Übrigens verschwindet sowohl das Fluoreszenzspektrum als auch das der magnetischen Drehung, das heißt, sie lassen sich nicht erregen, wenn der Natriumdampf in einer Atmosphäre von Wasserstoff oder einem andern indifferenten Gase erzeugt wird. Hiervon wird weiter unten ausführlicher die Rede sein.

Das Spektrum der magnetischen Drehung.

Im vergangenen Jahre habe ich gefunden, daß eine Reihe von Dämpfen mit feinen und scharfen Absorptionslinien, wenn sie in ein

1) Alle Wellenlängen sind in Å.-E. angegeben. (Anm. d. Übers.)

kräftiges Magnetfeld gebracht werden, eine Drehung der Polarisationsebene für Wellenlängen zeigen, welche mit denen der Absorptionslinien übereinstimmen, daß indessen nicht alle Absorptionslinien dieses Drehungsvermögen aufweisen. Die Versuchsanordnung zur Sichtbarmachung des hellen magnetischen Linienspektrums des Natriums ist in Figur 2 dargestellt.

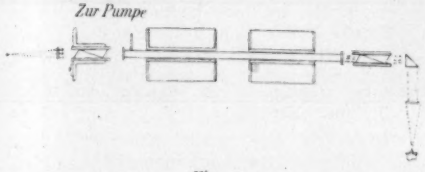


Fig. 2.

Man nimmt ein Stück von einem dünnen nahtlosen Stahlrohr von solchem äußeren Durchmesser, daß es leicht durch den hohlen Kern des Elektromagnets gleiten kann, von welchem man die konischen Polschuhe abgenommen hat. An dem einen Ende wird in dieses Rohr ein kurzes Stück dünnen Messingrohres eingelötet, durch welches das Rohr ausgepumpt wird.

In einem eisernen Tiegel schmilzt man ein etwa walnußgroßes Stück Natrium. Das geschmolzene Natrium gießt man dann in einen V-förmigen Trog aus dünnem Eisenblech. Sobald die Stange fest geworden ist, bringt man sie in das Stahlrohr, dessen eines Ende man zuvor durch eine mittels Siegellackes aufgekittete kleine Glasplatte verschlossen hat. Dann führt man das Rohr in den Magneten ein, schiebt die Natriumstange so weit hinein, daß sie mitten zwischen die Spulen kommt, und verschließt alsdann das andere Rohrende in ähnlicher Weise mit einem Stück Tafelglas. Man tut gut, die Enden der Röhre in heißem Zustande mit Siegellack zu überziehen, bevor man das Natrium einbringt. Dann braucht man sie nur mit einer Bunsenflamme zu bespülen und die zuvor erhitzte Glasplatte aufzupressen. Der Siegellack muß in optischen Kontakt mit dem Glas kommen, um einen luftdichten Schluß zu gewährleisten. Nunmehr verbindet man das Rohr mit einer Luftpumpe, welche ein Vakuum von 1 bis 2 mm liefert. Wenn die Luftpumpe undicht ist, so empfiehlt es sich, einen Glashahn zwischen Pumpe und Rohr einzusetzen, um das Eindringen etwaiger Spuren von Luft nach dem Auspumpen zu vermeiden. Für Demonstrationszwecke genügt es, das Rohr allmählich mit einem kleingeschraubten Bunsenbrenner zu erhitzen. In der vorliegenden Arbeit, wo eine konstante Temperatur wesentlich war, wurde ausnahmslos elektrische Heizung angewandt.

Die von einer Bogenlampe ausgehenden Lichtstrahlen werden zunächst durch eine Linse parallel gemacht, gehen dann durch ein Nicolsches Prisma, durch das Stahlrohr und durch einen zweiten Nicol, und werden darauf mittels einer zweiten Linse auf den Spalt eines Spektroskops vereinigt. Das Stahlrohr wird bis unter die Temperatur abgekühlt, bei welcher sich Natriumdampf bildet; dann werden die beiden Nicols auf vollständige Auslöschung eingestellt, und das Gesichtsfeld des Spektroskops wird demgemäß dunkel. Nun erhitzt man das Rohr und schaltet den Magneten ein. Dabei setzt man von Zeit zu Zeit die Luftpumpe in Tätigkeit, um den aus dem Natrium frei werdenden Wasserstoff zu entfernen Auf dem Spektrometerspalt erscheint dann ein heller gelber Fleck, und es erweist sich, daß dieser hauptsächlich von Strahlen in unmittelbarer Nachbarschaft der *D*-Linien hervorgebracht wird. Die bei den *D*-Linien auftretenden Erscheinungen sind in meiner bereits oben erwähnten Arbeit (Magneto-Optics) ausführlich beschrieben worden.

Wenn der Dampf eine beträchtliche Dichte erreicht, so erscheint im Rot und im Blaugrün ein sehr prächtiges helles Linienspektrum. Jede helle Linie entspricht einer dunklen Linie im Absorptionsspektrum, aber nur ein geringer Bruchteil der dunklen Linien scheint ein Drehungsvermögen zu besitzen. Einige der stärksten Absorptionslinien fehlen im Spektrum der magnetischen Rotation ganz, ein Zeichen dafür, daß irgendeine grundlegende Verschiedenheit in dem absorbierenden Mechanismus besteht.

Was uns hier angeht, ist das helle Linienspektrum im blaugrünen Gebiet. Dieses Spektrum wurde einmal mit dem großen Spektrographen von langer Brennweite mit drei Prismen photographiert, das andere Mal mit dem zwölffüßigen Konkavgitter. In Figur 3, *f* und *m* sind Reproduktionen der Prismenspektrogramme wiedergegeben. Das mit dem großen Gitter aufgenommene magnetische Spektrum und das auf derselben Platte aufgenommene Absorptionsspektrum sind in Figur 1, *c* und *d* dargestellt.

In diesem Spektrum treten nur etwa 60 Linien auf, im Gegensatz zu den 1500 im Absorptionsspektrum. Ihre Intensitäten sind sehr veränderlich und stehen anscheinend in keinerlei Beziehung zu den Intensitäten der entsprechenden Absorptionslinien. Die drehenden Linien fallen in vielen Fällen mit den Hauptlinien der Absorptionsliniengruppen zusammen, doch erscheint der Mittelpunkt der Linie ein wenig über die Hauptlinie der Absorptionsliniengruppe hinaus verschoben. Diese Verschiebung ist indessen sehr gering und beträgt nicht mehr als die halbe Breite der Linie. Ich lasse hier eine

Aufzählung der Wellenlängen aller auf dem Negativ sichtbaren Linien folgen. Die Intensitäten sind näherungsweise durch Zahlen angegeben; dabei bedeutet 10 die größte und 1 die geringste Intensität:

Grünes Rotationsspektrum.

1	5225,34	7	5040,65	3	4865,59
1	5218,49	2	5033,54	2	4839,56
1	5212,02	2	5025,66	9	4837,49
1	5186,70	3	5003,12 breit	2	4819,43
1	5179,71	10	5001,57	1	4814,60
1	5172,98	5	4979,34	1	4812,68
1	5171,98	2	4970,85	3	4810,16
1	5169,04	1	4967,10	3	4802,62
1	5165,85	1	4964,39	5	4792,67
1	5147,50	9	4962,85	3	4782,89
1	5140,71	1	4958,62	1	4777,00
3	5133,73	4	4933,93	1	4766,94
3	5126,54	5	4932,64	6	4756,69
2	5119,34	3	4924,32	1	4752,04
1	5095,70	4	4912,10	2	4738,51
2	5094,78	1	4904,67	4	4727,52
7	5087,31	1	4903,38	1	4716,90
7	5079,78	1	4896,65	1	4715,63
2	5071,58	1	4894,58	1	4703,78
1	5052,83	1	4892,77	2	4692,54
1	5049,56	2	4883,81	2	4670,30
5	5048,49				

Auf den ersten Anblick scheint in der Verteilung der Linien durchaus keine Gesetzmäßigkeit zu bestehen, ausgenommen etwa oberhalb der Wellenlänge 5020, wo die Linien annähernd gleichmäßig in kleinen Gruppen von je drei oder vier Linien verteilt erscheinen. Es ist fraglich, ob man, ohne die Hilfe der Spektren der durch monochromatisches Licht erregten Fluoreszenz des Dampfes, im magnetischen Spektrum irgendeine regelmäßige Serie von Linien finden könnte. Wie ich nämlich in der Folge gefunden habe, fehlt mehr als die Hälfte der Linien in den Serien, und es sind sechs oder mehr Serien vorhanden. Das Spektrum der durch weißes Licht erregten Fluoreszenz ist in Figur 1 *e* zu sehen; diese stammt von einem mit dem zwölffußigen Gitter aufgenommenen Negativ. Wie man sieht, fallen die hellen Linien mit den hellen Linien des magnetischen Spektrums zusammen, obwohl sie viel breiter sind. Nachdem wir die Untersuchung der Fluoreszenz in Angriff genommen haben werden, wird es sich leichter erklären lassen, in welcher Weise die Serien aufgesucht worden sind. Ich habe in der Figur 1 noch das Spektrum *i* hinzugefügt, nämlich das magnetische Spektrum mit Bezeichnung der einzelnen Serien. Es treten anscheinend fünf voneinander unterschiedene Serien auf und daneben eine Anzahl Linien, welche bislang noch in keinerlei bestimmte Beziehung zueinander gebracht worden sind. Wir wollen die Serien mit 1, 2, 3, 4 und 5 numerieren. Unter allen zur ersten Serie gehörigen Linien steht ein Punkt, unter den zur zweiten Serie gehörigen stehen zwei Punkte, usf. Diese Serien sind getrennt in Figur 4[1]) ganz oben dargestellt. Fehlende Linien sind durch das Zeichen ‡ angedeutet.

Ganz obenan steht die fünfte Serie, dann folgt die vierte, usf.; die Extralinien stehen in der unteren Reihe. Ich betrachte diese Anordnung nur als eine vorläufige; sie ist die beste, die ich zurzeit zu geben vermag, und ich glaube, daß sie in der Hauptsache richtig ist. Wir werden indessen sogleich sehen, daß es erforderlich sein wird, photographische Spektralaufnahmen der durch monochromatische Strahlung erregten Fluoreszenz mit dem großen Konkavgitter zu machen, bevor wir über sämtliche Linien vollkommene Gewißheit erlangen können. Für jetzt wollen wir das magnetische Spektrum verlassen und zur Betrachtung des Fluoreszenzspektrums übergehen.

Das Fluoreszenzspektrum.

In meiner früheren Arbeit habe ich einige der bemerkenswerten Veränderungen beschrieben, welche in der Energieverteilung im Fluoreszenzspektrum des Natriumdampfes bei einer Änderung der Wellenlänge des erregenden Lichtes vor sich gehen. Das allgemeine Aussehen des Spektrums bei Erregung mit weißem Licht zeigt Figur 5, *A*. Außerdem tritt eine breite doppelte Bande an der Stelle der *D*-Linien auf und ferner ein orangerotes Spektrum, welches, wenn der Dampf dicht ist, deutliche Banden aufweist. In der vorliegenden Arbeit werden wir es hauptsächlich mit dem hier abgebildeten Spektralgebiet zu tun haben; in diesem Gebiet treten nämlich gerade die meisten der merkwürdigen Veränderungen auf. Dieses Gebiet liegt, wie ersichtlich, zwischen den Wellenlängen 4600 und 5700, und es fehlt in ihm anscheinend jegliche Gesetzmäßigkeit in der Verteilung der Linien, ausgenommen in dem Bezirk oberhalb $\lambda = 5050$, woselbst wir die Linien mit ziemlicher Regelmäßigkeit in der Weise verteilt sehen, daß die Zwischenräume mit zunehmender Wellenlänge kleiner werden. Die Intensitätsverteilung in diesem Teile des Spektrums ist eine derartige, daß das Spektrum ein kanneliertes Aussehen erhält, und zwar tritt die Kannelierung am meisten in dem Gebiete zwischen $\lambda = 5050$ und $\lambda = 5350$ hervor. Bei Erregung mit weißem Licht lassen sich die Kannelierungen oberhalb 5400 nicht mehr unterscheiden, wie dies aus der Figur 5, *B* ersichtlich ist, welche die obere Grenze dieses Spektralgebietes zeigt. Die feinen Linien

1) Fig. 4 befindet sich auf besonderer Tafel.

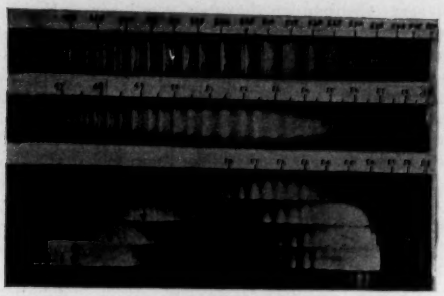


Fig. 5.

Fig. 8. Fluorescenz von *Na*. *Fe*-Vergleichsspektrum.

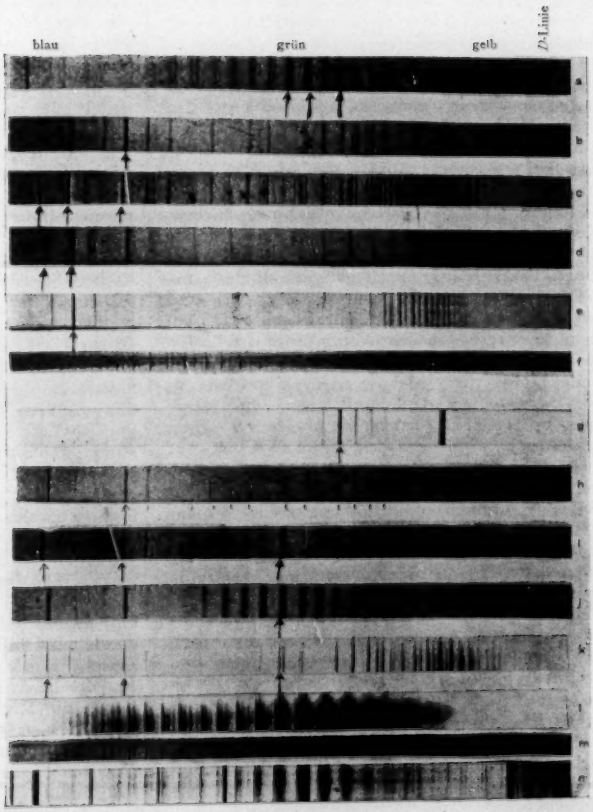


Fig. 3.

sind in diesem Gebiete vorhanden, verlieren indessen immer mehr und mehr an Deutlichkeit, je mehr man sich der oberen Grenze des Spektrums nähert. Wenn wir nun, statt den Dampf mit weißem Licht zu erregen, blaues Licht in der Gegend 4600—4650 zur Erregung verwenden, welches wir aus einem Spektroskop erhalten, so zeigt das Fluoreszenzspektrum ein vollkommen abweichendes Aussehen, wie aus der Figur 5, *C*, hervorgeht: Das blaue Gebiet, welches in seiner Ausdehnung dem des — in der Figur durch einen Doppelpfeil bezeichneten — erregenden Lichtes entspricht, erscheint wie früher, und ebenso die obere Grenze des Spektrums zwischen den Wellenlängen 5400 und 5650; der dazwischen liegende Teil des Spektrums fehlt aber ganz, wie aus dem unteren Spektrum in Figur 5, *C*, ersichtlich wird. Des weiteren erscheinen am oberen gelben Ende des Spektrums jetzt die Kannelierungen, welche bei Erregung der Fluoreszenz mittels weißen Lichtes nicht vorhanden gewesen waren.

Wenn wir nun nach und nach die mittlere Wellenlänge des erregenden Lichtes zunehmen lassen, so bewegt sich das Gebiet der größten Intensität im Fluoreszenzspektrum aus dem Gelben abwärts ins Grüne hinein, wie dies in den übrigen Photographien der Figur 2, *C*, zu sehen ist. Außerdem verändert sich, wie ich in meiner früheren Veröffentlichung nachgewiesen habe, die Lage der kannelierten Banden ein wenig; dabei behalten indessen die einzelnen Linien, aus denen sich die Banden zusammensetzen, ihre Lage unverändert bei, und die Verschiebung kommt nur durch eine Änderung der Intensitätsverteilung unter den Linien zustande. Die Ursache dieser auffälligen Erscheinungen wird klar werden, wenn wir an die Untersuchung der durch streng monochromatische Strahlung erregten Fluoreszenz kommen werden.

Ich habe dem Spektrum der durch weißes Licht erregten Fluoreszenz den Namen „komplexes Fluoreszenzspektrum" gegeben. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß es eine Übereinanderlagerung einer Anzahl einfacher Spektren darstellt, von denen man jedes einzelne für sich unabhängig durch geeignete Wahl der Wellenlänge des erregenden Lichtes hervorbringen kann. Anzeichen für einen derartigen Sachverhalt habe ich im vorigen Jahre gefunden und in meiner vorläufigen Mitteilung beschrieben. Indessen hatte ich bis zum Schlusse des Universitätsjahres erst eine kleine Anzahl von Photographien gewonnen, welche nicht ausreichte, um eine einigermaßen vollständige Analyse des komplexen Spektrums zu ermöglichen.

Während des verflossenen Winters und Frühlings habe ich eine sorgfältige Untersuchung über die Beziehungen ausgeführt, welche zwischen dem komplexen Fluoreszenzspektrum, dem Absorptionsspektrum und dem hellen Linienspektrum der Drehung bestehen, das in der früheren Arbeit beschrieben worden ist. Das Fluoreszenzspektrum ist schließlich mit dem zwölffüßigen Konkavgitter photographiert worden, und dadurch bin ich in den Stand gesetzt worden, die feineren Einzelheiten seiner Struktur zu untersuchen.

Bei Erregung mit monochromatischem Licht, welches durch die Isolierung bestimmter Linien aus der Strahlung eines elektrischen Lichtbogens zwischen metallischen Elektroden gewonnen wurde, habe ich einige sehr merkwürdige Wirkungen beobachtet. Man erhält dabei nämlich verhältnismäßig einfache Fluoreszenzspektren, welche aus weit auseinander liegenden scharfen Linien bestehen; diese Linien sind in vielen Fällen in annähernd gleichen Abständen voneinander über das Normalspektrum verteilt. Man kann eine gegebene Serie von Linien hervorbringen, wenn man die Fluoreszenz durch Licht von irgendeiner Wellenlänge erregt, die der Wellenlänge einer Linie in der Serie entspricht; wenn aber die Erregung an bestimmten Punkten erfolgt, so können einige der Linien fehlen und Lücken in der Serie auftreten. Das auffälligste Beispiel hierfür bietet die Erregung mittels der Kadmiumlinie 4800, ein Fall, den wir sogleich im einzelnen betrachten wollen. Es wird erinnerlich sein, daß im magnetischen Spektrum gewisse Linien in jeder Reihe fehlen.

Der bei diesen Versuchen verwendete Apparat war im wesentlichen der gleiche, wie ich ihn bei meiner früheren Arbeit benutzt habe. Er bestand aus einem nahtlosen Rohr aus dünnem Stahl von 3 Zoll Durchmesser und 30 Zoll Länge, welches in der Mitte mit einer stählernen Retorte versehen war, die eine große Menge Natrium faßte. Die Retorte wurde in der Weise hergestellt, daß zwei kreisförmige Stahlscheiben an ein kurzes Rohrstück dicht angelegt wurden, welches gerade so stark war, daß es gut in das größere Rohr hineinpaßte. Die kreisförmigen Enden der Retorte waren in der aus Figur 6 ersichtlichen Weise mit ovalen Öffnungen versehen. Die Retorte wurde zur Hälfte mit Natrium gefüllt; zu diesem Zwecke wurde das geschmolzene Metall durch eine der beiden Öffnungen eingegossen. Darauf wurde die Retorte in das Rohr eingeführt und bis in dessen Mitte geschoben; darnach wurden die Glasplatten auf die Rohrenden gekittet, wie dies aus Figur 6 ersichtlich ist. Durch diese Anordnung wurde die schnelle Diffusion des Dampfes verhindert und die Möglichkeit geboten, einen großen Vorrat an Metall in der

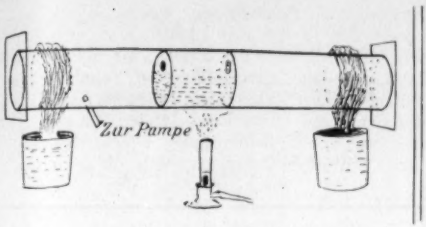


Fig. 6.

Mitte des Rohres zu haben. Bei den Röhren, welche ich gelegentlich meiner früheren Arbeit verwendet habe, war es notwendig, die Röhre nach zweistündigem ununterbrochenem Gebrauch von neuem zu beschicken, dagegen konnte ich mit dem Retortenrohr mehrere Hundert Stunden bei einer einzigen Füllung arbeiten.

Das Rohr wurde mittels einer Fleußschen Pumpe ausgepumpt und dann in der Mitte mittels eines großen Brenners erhitzt; dabei wurden die Enden durch Wattemäntel kühl gehalten, welche in mit Wasser gefüllte Eimer tauchten.

Die zur Beleuchtung dienenden Strahlen weißen oder monochromatischen Lichtes wurden genau in eine der ovalen Öffnungen der Retorte hinein fokussiert, so daß sie wenig seitlich von der anderen Öffnung auf die gegenüberliegende Wand einfielen. Wurde dann das abgewandte Rohrende mit einem schwarzen Tuche bedeckt, so hob sich der Fluoreszenzfleck deutlich gegen den tiefschwarzen Hintergrund der zweiten ovalen Öffnung ab, und sein Spektrum wurde daher nicht durch die erregende Strahlung verunreinigt.

Für die photographische Aufnahme der Spektren wurde ein großer Spektrograph mit drei Prismen gebaut. Die aus klarem dichtem Flintglas geschliffenen Prismen hatten eine Höhe von 4 Zoll, und die Brennweite der Linsen betrug 36 Zoll.

Es standen mir nur solche Linsen zur Verfügung, wie sie für Fernrohre verwendet werden; infolgedessen sind die Spektrallinien, außer in der Nähe der Kollimationsachse, nicht so scharf, wie dies wünschenswert sein würde. Wenn die Einstellung so getroffen wurde, daß die Mitte des Spektrums auf diesen Punkt fiel, so war die Schärfe überall im Spektrum recht gut, und es war möglich, die Wellenlängen mit einem Fehler von nicht mehr als einer bis zwei Ångström-Einheiten zu bestimmen.

Mit dieser Anordnung (siehe Fig. 7) aufgenommene Photographien des komplexen Spektrums der Fluoreszenz bei Erregung durch Sonnenlicht zeigten Eigentümlichkeiten, welche es mir als überaus wichtig erscheinen ließen, das Spektrum bei stärkerer Dispersion zu untersuchen. Der grüne Fluoreszenzfleck hatte, nach wiederholter Anbringung von Verbesserungen an der Apparatur, eine solche Leuchtkraft erlangt, daß ich überzeugt sein durfte, mit dem zwölffüßigen Konkavgitter Aufnahmen erhalten zu können. Es zeigte sich, daß eine Expositionsdauer von einem vollen Tage hinreichend war. Das erhaltene Spektrogramm ist zusammen mit dem Linienspektrum des Eisens als Vergleichsspektrum und mit der Wellen-

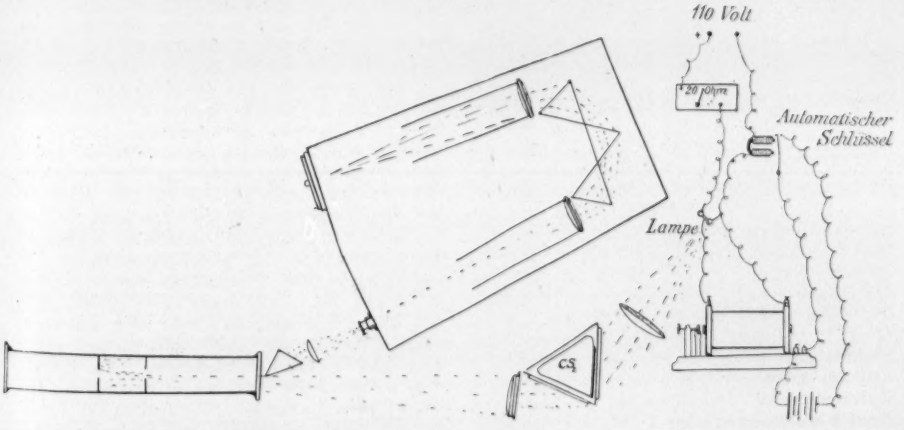


Fig. 7.

längenskala in Figur 8 wiedergegeben. Die Skala ist allein für sich gedruckt worden, und es treten daher, infolge von Dehnung und Einschrumpfung der Drucke, geringe Fehler auf. Diese Fehler sind jedoch in keinem einzigen Falle größer als 1,5 Ångström-Einheiten. Diese Aufnahme zeigt die Einzelheiten in der Struktur des komplexen Spektrums und gestattet uns, die Wellenlängen der hellen Linien mit weit größerer Genauigkeit zu messen, als dies auf Grund der mit dem Prismenspektrographen gemachten Aufnahmen möglich war. Es ist indessen bei dem Reproduktionsprozeß viel von den Einzelheiten verloren gegangen, und ich habe deshalb mit äußerster Sorgfalt eine Zeichnung von einer der Bandengruppen bei der Wellenlänge 5200 angefertigt, welche in Fig. 9 wiedergegeben ist. Diese Zeichnung wurde

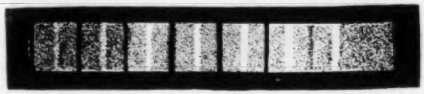


Fig. 9.

nach einem Abdruck mit Hilfe eines Vergrößerungsglases angefertigt. Die Eigentümlichkeiten, welche in der Zeichnung zu sehen sind, zeigen sich überall im ganzen Spektrum.

Die hellen Linien sind scharf und gerade so eng wie die Eisenlinien im Vergleichsspektrum. Dabei darf allerdings nicht vergessen werden, daß der Spalt sehr schmal — etwa 0,2 mm — war, und daß möglicherweise bei weiterer Verengerung des Spaltes die Breite der Fluoreszenzlinien nicht weiter abnehmen würde. Jede helle Linie ist im allgemeinen von zwei seitlichen Schatten begleitet, welche die Zwischenräume ganz scharf begrenzen, und zwar erscheinen je zwei aneinanderstoßende Schatten als schmale dunkle Linien. Diese Schatten werden im allgemeinen bei Erregung durch streng monochromatisches Licht nicht sichtbar. Als ich im Verlaufe meiner vorjährigen Arbeit die merkwürdigen Veränderungen untersuchte, welche im Spektrum bei Erregung mittels des ziemlich homogenen Lichtes, das der monochromatische Beleuchtungsapparat mit sehr engen Spalten liefert (siehe die frühere Arbeit), vor sich gehen, bemerkte ich damals, daß bei einer sehr allmählichen Veränderung der Wellenlänge des erregenden Lichtes erst an der einen und darauf an der anderen Seite der Fluoreszenzlinien Schatten auftraten. Die Veränderungen im Aussehen der Linie erinnerten mich damals an eine Fahne, die erst auf einer und dann auf der anderen Seite des Mastes flattert. Bei der streng monochromatischen Beleuchtung, welche durch Isolierung der Linien des Lichtbogens zwischen metallischen Elektroden erzielt wird, fehlen den Fluoreszenzlinien gewöhnlich die Schatten; in einigen Fällen finden sich indessen auch die Schatten, und manchmal treten auch die Schatten ohne die Linien auf. Dieser Umstand scheint darauf hinzudeuten, daß die Schatten herrühren von einer Erregung des Elektrons durch Impulse, deren Schwingungszahlen ein wenig größer und ein wenig kleiner sind als seine natürliche Eigenschwingungszahl.

Ich habe bisher noch nicht die nötige Zeit gehabt, um meine vorjährigen Versuche mit dem monochromatischen Beleuchtungsapparat zu wiederholen, und ich beabsichtige, die Veränderungen, welche ganz allmähliche Änderungen in der Wellenlänge des erregenden Lichtes begleiten, noch weiter zu untersuchen. Diese Beobachtungen sind sehr schwierig und unsicher; wenn man nämlich die Spalte des monochromatischen Beleuchtungsapparates so eng wie nur möglich macht, so ist das Licht, welches er liefert, nicht sehr hell, und man kann dann das Fluoreszenzspektrum nur mit sorglich ausgeruhten Augen beobachten. Wahrscheinlich lassen sich bessere Ergebnisse erzielen, wenn man als Beleuchtungsapparat ein großes Prismenspektroskop verwendet. Was überaus wünschenswert wäre, ist eine Lichtsirene!

Analyse des komplexen Spektrums. Erregung mittels monochromatischen Lichtes.

Es erwies sich als unausführbar, den monochromatischen Beleuchtungsapparat zur Untersuchung der einfachen Spektren zu verwenden, aus denen sich das komplexe Spektrum zusammensetzt. Selbst wenn man die Spalte des Apparates sehr eng machte, so war doch das Wellenlängengebiet des ausgesandten Lichtes breit genug, um mehrere von den Absorptionslinien des Dampfes zu bedecken. In meiner früheren Arbeit hatte ich gezeigt, daß das Licht des Kadmiumfunkens fähig war, Fluoreszenz zu erregen; demgemäß begann ich, Versuche mit Metallichtbögen anzustellen. Da kam es mir nun sehr zustatten, daß gerade in diese Zeit die Konstruktion der Metallbogenlampen aus Quarzglas in den Werkstätten von Heraeus in Hanau fiel. Ich bestellte sogleich zwei von diesen Lampen, und zwar eine mit Kadmium, die andere mit Zink. Ihre Form wird aus Figur 10 ersichtlich. Die Lampe wird während des Betriebes in Verbindung mit einer Quecksilberluftpumpe gehalten und steht in einem Wasserbade. Die Kadmiumlampe funktionierte gut in einem Gleichstromkreise von 110 Volt Spannung, dagegen lieferte die

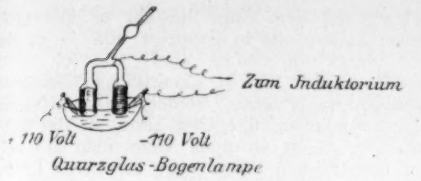


Fig. 10.

Zinklampe bessere Ergebnisse bei einer Spannung von 220 Volt. Die Zündung der Lampen erfolgt durch eine kleine Induktionsspule, deren eines Ende mit dem negativen Pole der Lampe verbunden ist, während das andere Ende um das U-förmige Quarzglasrohr gewickelt ist. Eine Gebläseflamme wird auf die Lampe gerichtet, bis das Gebiet oberhalb der Metallelektroden rotglühend geworden ist; dann wird die Spule in Betrieb gesetzt, und gewöhnlich erfolgt dann sofort die Bildung des Lichtbogens. Da nun oftmals Expositionsdauern von acht oder zehn Stunden erforderlich waren, und da die Lampen die unangenehme Angewohnheit haben, ungefähr jede halbe Stunde auszugehen, so konstruierte ich einen automatischen Schlüssel, welcher die Induktionsspule immer gerade in dem Augenblick betätigte, in welchem die Lampe ausging; sobald der Bogen von neuem zündete, wurde das Induktorium wieder angehalten. Diese Vorrichtung ist in der Figur 7 abgebildet. Sie bestand aus einem in den Stromkreis der Lampe eingeschalteten kleinen Elektromagnet, welcher eine Stahlfeder von einer Messingschraube abzog, solange die Lampe brannte. Die Feder und die Schraube waren in den Primärstromkreis des Induktoriums eingeschaltet.

Die Kadmiumlampe brennt mit einem blendend hellen grünlichblauen Licht, die Zinklampe mit einem eigentümlichen purpurroten Licht, welches alles Holzwerk im Zimmer blutrot erscheinen läßt, während die meisten anderen Gegenstände bläulichweiß oder purpurrot erscheinen. Beide Lampen rufen eine helle Fluoreszenz des Natriumdampfes hervor, wenn man ein Bild von ihnen auf die ovale Öffnung in der Retortenwand entwirft. Die Fluoreszenz wird in diesem Falle durch mehrere verschiedene Strahlungsarten erregt. Ich habe verschiedene Vorrichtungen angewendet, um eine Linie zur Zeit herauszugreifen. Die Kadmiumstrahlen, welche Fluoreszenz zu erregen vermögen, haben die Wellenlängen 5086, 4800 und 4678. Ich versuchte es mit Farbenfiltern, mit dem monochromatischen Beleuchtungsapparat von Fueß, sowie mit den dünnen Kristallen von chlorsaurem Kali, wie ich sie im Juniheft des Philosophical Magazine beschrieben habe; ich versuchte es auch mit einem zwischen zwei Nicols angeordneten senkrecht zur Achse geschnittenen Quarzblock. Die Anordnung, welche die besten Ergebnisse lieferte, und welche auch von dem geringsten Verlust an Licht begleitet zu sein schien, ist die in Figur 7 abgebildete. Die eine vertikale Röhre der Lampe wird hierbei als Lichtquelle benutzt. Das von ihr ausgehende Licht wird kollimiert, geht darauf durch ein großes Prisma aus Schwefelkohlenstoff und wird dann durch ein achromatisches Fernrohrobjektiv von 12 cm Apertur und 2 m Brennweite auf die Retorte fokussiert. Die Dispersion des Prismas war groß genug, um die monochromatischen Bilder der Lampe vollständig voneinander zu trennen; es konnte jedes beliebige dieser Bilder auf die Öffnung entworfen werden. Dabei ging das Licht an der Kante des rechtwinkligen Prismas vorbei, durch welches das Fluoreszenzlicht zunächst auf eine Linse und durch diese dann auf den Spalt des Spektroskopes reflektiert wurde.

Zur Erregung der Fluoreszenz des Dampfes habe ich bislang die folgenden Lichtquellen mit Erfolg angewendet: Quarzglasbogenlampen mit Kadmium-, Zink- und Thalliumfüllung; gewöhnliche Lichtbögen zwischen Elektroden aus Blei, Silber, Wismut und Kupfer; Lichtbögen zwischen Lithium, Natrium und Baryum, sowie Vakuumröhren mit Helium- und mit Wasserstoffüllung.

Leider sind die Quarzglaslampen sehr kostspielig und werden nach ungefähr dreißigstündigem Betriebe fast unbrauchbar, weil dann die Oberfläche körnig wird und sich an der Innenwand ein undurchsichtiger schwarzer Niederschlag bildet. Da nun zuweilen Expositionsdauern von acht Stunden erforderlich sind, so geht daraus hervor, daß die Verwendung von Lampen zum Preise von 30 Dollar das Stück bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von dreißig Stunden die Untersuchung recht kostspielig gestaltet.

Die bei monochromatischer Erregung erhaltenen Photographien der Fluoreszenzspektren sind in Figur 3 wiedergegeben.

Nach jeder Exposition wurden die *D*-Linien auf der Platte verzeichnet. Durch diese Maßregel wurde die Möglichkeit gegeben, die verschiedenen Spektren zum Zwecke der Vergleichung zur Deckung zu bringen. Die *D*-Linien wird man bei den einzelnen Spektren am äußersten rechten Ende finden. Die Photographien sind als Negative reproduziert worden. Der Punkt oder die Punkte, welche mit den Wellenlängen des erregenden Lichtes zusammenfallen, sind durch Pfeile kenntlich gemacht worden. Ich habe eine Zeichnung in

großem Maßstabe auf Koordinatenpapier angefertigt, in welcher ich die interessantesten dieser Spektren, sowie einige andere, welche zu schwach waren, um reproduziert werden zu können, übersichtlich zusammengestellt habe. In dieser, in Figur 4 wiedergegebenen, Zeichnung sind die erregenden Wellenlängen, gerade wie auf den Photographien, durch Pfeile gekennzeichnet.

Unten auf dieser Übersichtstafel wird man Zeichnungen des komplexen Spektrums und des Spektrums der magnetischen Drehung finden. Diese beiden Zeichnungen sind auf Grund von photographischen Aufnahmen gemacht worden, die mit dem großen Konkavgitter gewonnen worden waren, und zwar die erstgenannte nach einem Positiv. Oben auf der Tafel habe ich eine zusammengesetzte Zeichnung beigefügt; diese stellt eine Übereinanderlagerung aller der einfachen Fluoreszenzspektren dar, welche ich bisher erhalten habe. Unmittelbar darunter findet man die Spektren, welche durch die Gesamtstrahlung der Kadmium- und der Zinkröhren erhalten wurden. In jedem Einzelfalle sind dabei drei verschiedene Strahlungen gleichzeitig zur Erregung verwandt worden; es ist indessen fast unmöglich, zwei Fluoreszenzlinien zu finden, welche zusammenfallen. Die übrigen Spektren sind zum größten Teil durch eine einzelne monochromatische Strahlung erregt worden, deren Wellenlänge in jedem Falle durch den Pfeil bezeichnet wird. Von den Fluoreszenzspektren, welche durch die getrennten Strahlungen des Kupferlichtbogens oder durch die getrennten Zinklinien 4680 und 4720 erregt werden, habe ich photographische Aufnahmen bisher noch nicht erhalten; ich habe infolgedessen diese Spektren zusammen gezeichnet. Es ist indessen möglich, auf Grund einer Vergleichung des durch die Kupferstrahlung erregten Spektrums mit dem durch die Zinklinie 4811 erregten, Vermutungen darüber zu äußern, welche der Linien zusammen gehören.

Wir wollen mit einer Untersuchung der durch die Strahlung des Kadmiums erregten Spektren beginnen.

Erregung mit Kadmiumlicht.

In der Figur 3 sind unter *h*, *i*, *j* und *k* photographische Aufnahmen von Fluoreszenzspektren wiedergegeben, die bei Erregung mittels Kadmiumlichtbogens erhalten worden sind.

Von diesen Spektren sind *i* und *k* durch alle drei Kadmiumlinien erregt worden, ersteres aber mit einem viel engeren Spalt aufgenommen worden als letzteres. Das Spektrum *h* wurde bei Erregung des Natriumdampfes durch die Linie 4800 aufgenommen. Bei direkter Beobachtung mit dem Auge besteht es aus zwölf hellen Linien, die in Gruppen von je zweien und vieren angeordnet sind, wie ich es in der Übersicht (Fig. 4) unmittelbar über dem ziemlich weit unten wiedergegebenen komplexen Spektrum angegeben habe. In der Mitte zwischen diesen Gruppen kann man mit sehr gut ausgeruhtem Auge sehr schwache Linien bemerken. Die starken Linien sind in folgender Weise angeordnet: zwei Linien, fehlende Linie, vier Linien, fehlende Linie, zwei Linien, fehlende Linie, vier Linien. Die fehlenden, oder, richtiger gesagt, die schwachen Linien, gehören offensichtlich einer und derselben Serie an; betrachtet man alle Linien zusammen, so wird man finden, daß sie, im Normalspektrum gemessen, sehr nahezu gleichen Abstand voneinander haben.

Die Wellenlängen der Linien in diesen Serien, wie sie sich durch die Ausmessung der mit dem Prismenspektrographen aufgenommenen Platten ergeben, sind folgende:

λ	$\Delta\lambda$	
4766		
	34	(im Original 4760. (Iklé.)
4800		
	38	
4838		
....	$\frac{70}{2} = 35$	
4908		
	38	
4946		
	37	
4983		
	39	
5019		
....	$\frac{76}{2} = 38$	
5095		
	38	
5133		
....	$\frac{74}{2} = 37$	
5207		
	38	
5245		
	38	
5283		
	38	
5321		

Diese Wellenlänge betrachte ich als genau bis auf ungefähr 2 Ångström-Einheiten oder ein Drittel des gegenseitigen Abstandes der *D*-Linien.

Es ist natürlich von äußerster Wichtigkeit, die Gesetzmäßigkeit zu bestimmen, welche in der Verteilung der Linien in den einfachen Spektren herrscht. Vielleicht kann man hierfür einen Fingerzeig gewinnen, wenn man auf das Spektrum der magnetischen Drehung für den Dampf zurückgreift, dessen Linien im allgemeinen den Linien des Fluoreszenzspektrums entsprechen. Ich habe dieses Spektrum mit einem großen Konkavgittter photographiert und die Wellenlänge mindestens bis auf ein Zehntel

einer Ångström-Einheit genau bestimmt. Die starken Linien, welche ich an den nachstehend verzeichneten Stellen des Spektrums gefunden habe, bilden eine Serie, die der Serie analog ist, welche ich bei Erregung mittels der Kadmiumlinie 4800 erhalten habe:

λ	$\Delta\lambda$	
5119,34		
	39,56	
5079,78		
	39,13	
5040,65		
	39,08	
5001,57		
	38,72	im Origin. 38,67 38,52
4962,85		
	38,53	vgl. auch weiter unten (Iklé.)
4924,32		

Wir haben diese Serie als die erste bezeichnet.

Die Wellenlängendifferenzen sind hier mit viel größerer Annäherung konstant und nehmen fortgesetzt ab.

Die Linien dieser Serie treten ganz besonders deutlich im Spektrum der magnetischen Drehung hervor (vergl. Fig. 1, *c*). Ich habe dieses deshalb zuerst erwähnt. Sie treten ferner im Fluoreszenzspektrum bei Erregung durch die Bleilinie 5001 auf, wie ein Blick auf die Zusammenstellung in Figur 4 zeigt.

Versuchen wir nun, eine der Serien im Spektrum der magnetischen Drehung der Serie im Fluoreszenzspektrum bei Erregung mit Kadmiumlicht von der Wellenlänge 4800 anzupassen, so finden wir, daß die dritte Serie im Spektrum der magnetischen Drehung zwischen 5019 und 5134 mit der Serie des Fluoreszenzspektrums zusammenfällt, während diese im violetten Spektralgebiet mit der vierten Serie des Spektrums der magnetischen Drehung zusammenfällt. Ich bin nicht ganz sicher, ob diese Eigentümlichkeit etwa auf kleine Fehler in der Bestimmung der Wellenlängen zurückzuführen ist oder nicht. Ich glaube es jedoch nicht, denn ich habe die beiden Negative, das des Fluoreszenzspektrums bei Erregung mit Kadmiumlicht, und das des Spektrums der magnetischen Drehung, die beide mit demselben Apparate aufgenommen worden waren, ich habe diese beiden Negative mit größter Sorgfalt zur Deckung gebracht und dabei dieselbe Unstimmigkeit gefunden. Irgend etwas Sicheres können wir allerdings erst dann erfahren, wenn die Serie des durch Kadmiumlicht erregten Fluoreszenzspektrums mit dem Gitter photographiert sein wird.

Ich rechne, im Laufe des nächsten Jahres die Fluoreszenzspektren, welche bei Erregung durch die Strahlung des Kadmiumlichtes und des Zinklichtes auftreten, mit Hilfe des großen Konkavgitters zu photographieren. Dann wird die Möglichkeit gegeben sein, die Wellenlängen der Linien bis auf ein Zehntel einer Ångström-Einheit genau zu bestimmen. Einer der bemerkenswertesten Umstände, die mit dem Auftreten der Linien einer Serie in Zusammenhang stehen, ist der, daß die Energieverteilung unter den einzelnen Linien von der Wellenlänge des erregenden Lichtes abhängig ist.

Leider senden nur sehr wenige Lichtbögen Licht von genügender Helligkeit aus, um Fluoreszenz zu erregen. Indessen habe ich gefunden, daß die Silberlinie 5207, welche mit einer Linie der Serie im Spektrum der durch die Kadmiumlinie 4800 erregten Fluoreszenz zusammenfällt, daß diese Silberlinie für diesen Zweck genügend hell war. Das Silber wurde sorgfältig von allem Kupfer befreit, weil die benachbarten Kupferlinien gleichfalls kräftige Fluoreszenzwirkung besitzen. Wenn diese Kupferlinien aber fehlten, so war keine weitere prismatische Zerlegung erforderlich, weil die übrigen Silberlinien unwirksam waren. Eine photographische Aufnahme des bei Erregung mit Silberlicht gewonnenen Fluoreszenzspektrums ist in Figur 3 unter *g* wiedergegeben. Die Serie weist im vorliegenden Falle keine Lücken auf: Die Linie bei 5170, die bei der Erregung durch Kadmiumlicht fehlt, tritt hier kräftig hervor, wie dies auch aus der Übersicht (Fig. 4) ersichtlich wird. Ich verengte die Spalte des monochromatischen Beleuchtungsapparates bis auf Haaresbreite und stellte den Apparat so ein, daß er Licht von solchen Wellenlängen lieferte, welche anderen Linien in der Serie entsprachen. Ich erhielt bei dieser Anordnung Photographien, die ich in der Übersichtszeichnung mitgeteilt habe (s. Fig. 4). Man sieht dort, daß in jedem einzelnen Falle schwache oder fehlende Linien vorkommen, daß aber deren Lage sich mit der Wellenlänge des erregenden Lichtes verändert. Wenn wir annehmen, daß jede einzelne Linie durch ein einzelnes Elektron oder einen einzelnen Vibrator hervorgerufen wird, so deutet die Erscheinung darauf hin, daß diese Vibratoren in irgendeiner Weise miteinander vereinigt sind, etwa zu einem geschlossenen Ringe, und daß, wenn dieses System in Schwingung versetzt wird, Knotenpunkte auftreten, deren Lage davon abhängig ist, an welchem Punkte in der Kette gerade die periodische Kraft angreift. Wenn ferner die Kraft an dem Teile der Kette angreift, der eine hohe Eigenschwingung hat, so werden, wie bereits nachgewiesen worden ist, gerade die Gebiete mit höchster und niedrigster Frequenz erregt, während anscheinend das dazwischen liegende Gebiet in Ruhe bleibt. Dies ist besonders bei der Erregung durch Wismutstrahlung zu erkennen (siehe Fig. 3, *e* und Fig. 4).

Außer den oben aufgezählten Linien ist noch eine Reihe anderer am oberen Ende des Spektrums vorhanden. Diese sind anscheinend

nicht mit derselben Regelmäßigkeit verteilt, obschon einige von ihnen vielleicht eine Erweiterung der Serie bilden, oder vielleicht wahrscheinlicher der Anfang einer neuen Serie sind. Im allgemeinen habe ich gefunden, daß die Linien in den einfachen Spektren zwischen dem äußersten violetten Ende und einem ungefähr bei $\lambda = 5350$ gelegenen Punkte regelmäßig verteilt sind. Oberhalb dieses Punktes ist die Verteilung im allgemeinen sehr unregelmäßig, und es ist schwierig, das Spektrum zu entwirren. Über diesen Punkt werde ich mich weiter unten noch ausführlicher verbreiten.

Wir wollen nun zunächst das Spektrum der durch die grüne Kadmiumlinie 5086 erregten Fluoreszenz betrachten.

Dieses Spektrum ist dadurch merkwürdig, daß es sich aus elf regelmäßig verteilten Linienpaaren zusammensetzt (vergl. Fig. 3, *j* und Fig. 4). Auf der photographischen Platte sind auch die beiden anderen Kadmiumlinien sichtbar, weil der Spektrograph nicht gegen das von der Lampe ausgestrahlte diffuse Licht geschützt war.

Eine Serie im Spektrum der magnetischen Drehung fällt mit der Serie zusammen, welche von den Gliedern kürzerer Wellenlänge jedes Paares gebildet wird. Ich gebe in der folgenden Tabelle die Wellenlängen und deren Differenzen an:

λ	$\Delta\lambda$
5165,85	
	39,31
5126,54	
	39,23
5087,31	
	38,82
5048,49	
.....	$\frac{77,64}{2} = 38,82$
4970,85	
	38,21
4932,64	
	38,06
4894,58	

Ich bin vollständig im unklaren darüber, wie die von den anderen Gliedern der Dupletts gebildete Serie zustande kommt. Sie scheint mit der Serie zusammenzufallen, welche durch die Heliumlinie 5014 erregt wird, wie aus der Betrachtung der Übersicht (Fig. 4) hervorgeht. Anfangs schien es mir, als ob die erregende Linie vielleicht zwischen zwei benachbarten Fluoreszenzlinien liegen und auf diese Weise eine doppelte Serie erregen könnte. Nun liegt aber die Kadmiumlinie 5086 von der magnetischen Linie 5087,3 aus ein wenig auf der Seite kürzerer Wellen, während die andere Linie dieses Paares die Wellenlänge 5092 hat, also auf der Seite längerer Wellen liegt.

Dies ist der einzige Fall der Erregung eines Spektrums von Dupletts durch monochromatisches Licht, den ich verzeichnet habe; allerdings bin ich der Ansicht, daß sich die Kupferlinie 5152 in derselben Weise verhält.

Noch merkwürdiger ist die Tatsache, daß wir dann keine Dupletts mehr erhalten, wenn die Erregung an einem anderen Punkte erfolgt. Die Lithiumlinie bei 4971 greift auf eine der stärker brechbaren Komponenten eines der Dupletts über, aber in dem betreffenden Fluoreszenzspektrum erscheint nur eine einzige Serie von Linien (siehe Fig. 4). Die andere Serie, also die weniger brechbare Komponente, kann für sich allein durch Erregung mittels der Heliumlinie 5014 hervorgerufen werden (siehe Fig. 4). Wenn wir es mit irgendeinem Gebilde von der Art eines Elektronendupletts zu tun hätten, so müßten wir erwarten, daß sowohl die Strahlen des Lithiums als auch die des Heliums eine Fluoreszenz mit Doppellinien erregten.

Wenn wir versuchen, die Erscheinungen durch die Annahme zu erklären, daß zwei Elektronenketten im Punkte 5086 miteinander verbunden seien, so müssen wir auch über die Tatsache Rechenschaft geben, daß der Vibrator 5086 die andere Kette dann miterregt, wenn Licht von der Periode seiner Eigenschwingung auf ihn einwirkt, dagegen nicht auch dann, wenn er durch die Strahlung des Lithiums in Schwingungen versetzt wird, welche an einem anderen Punkte der Kette angreifen. Ich habe diese Hypothese der Elektronenketten nur als eine Hilfshypothese zur Beschreibung der physikalischen Erscheinungen angenommen, ohne mich dabei etwa großen Hoffnungen hinzugeben, mit ihrer Hilfe irgend etwas erklären zu können.

Viel wahrscheinlicher erscheint es mir, daß die verschiedenen Linien Schwingungen verschiedener Frequenz desselben Systems darstellen. Wir dürfen nicht versuchen, das Molekül einem Klavier gar zu ähnlich zu machen. Die Schwingungen können Kräuselwellen sein, welche über die Oberfläche des Moleküls dahingleiten, sie können aber auch grundverschieden von allem sein, was uns vertraut ist. Wenn wir niemals eine Glocke gesehen haben würden, so würde es schwierig für uns sein, gestützt auf Untersuchungen an einer Reihe einfacher Pendel die Theorie der äußerst komplizierten Glockenschwingungen zu entwickeln. Möglicherweise können durch Erregung an irgendwelchen anderen Punkten die doppelten Linien hervorgebracht werden.

Ich habe dies mit dem monochromatischen Beleuchtungsapparat zu erreichen versucht, indessen keinen Erfolg gehabt. Man kann die Bande des erregenden Lichtes nicht gut viel schmäler machen als die Entfernung zwischen den Komponenten des Dupletts. Selbst wenn ich das Instrument auf die Wellenlänge 5086 eingestellt hatte, vermochte ich keine Spur der Dupletts zu entdecken. Ich gehe jetzt mit der Absicht um, die Untersuchung über diesen

Gegenstand mit einem größeren monochromatischen Beleuchtungsapparat weiter zu führen, welcher mit größerer Annäherung monochromatisches Licht liefern soll.

Neben den elf Linienpaaren treten im Spektrum der durch die Kadmiumlinie 5086 erregten Fluoreszenz noch zwei kräftige Linien bei den Wellenlängen 5305 und 5341 auf. Diese scheinen derselben Serie anzugehören, und die erstgenannte ist von einer schwachen Linie begleitet, die mit ihr zusammen ein Duplett bildet. Die Linie 5341 ist gleichfalls von einer anderen Linie begleitet, welche indessen so schwach ist, daß sie eben nur noch unterschieden werden kann.

Das Spektrum, welches von der stärker brechbaren der beiden blauen Kadmiumlinien 4678 erregt wird, habe ich nur auf der Übersichtstafel (Fig. 4) wiedergegeben. Es besteht aus einer regelmäßigen Serie von fünf Linien im blauen Spektralgebiet und aus einer großen Anzahl unregelmäßig verteilter Linien von außerordentlich verschiedener Intensität im gelbgrünen Gebiet. Von diesen Linien scheint keine einzige im Spektrum der magnetischen Drehung vertreten zu sein.

Dieses Spektrum liefert ein schönes Beispiel für die charakteristische Eigentümlichkeit des Fluoreszenzspektrums des Natriums, daß nämlich eine Erregung am stärker brechbaren Ende eine kräftige Fluoreszenz am entgegengesetzten Ende hervorruft. Die Linien, welche die regelmäßige Serie bilden, können wir als direkt erregte, die anderen, im gelben Gebiete liegenden, als indirekt erregte bezeichnen. Letztere scheinen in allen Fällen unregelmäßig verteilt zu sein. Das große Problem, welches wir zu lösen haben, besteht darin, die Natur des Mechanismus zu bestimmen, und herauszufinden, weshalb die Vibratoren mit niedriger Eigenschwingungszahl durch Anstoß von seiten derer mit hoher Eigenschwingungszahl in Gang gesetzt werden, während sie in Ruhe bleiben, wenn die Erregung in der Mitte des Spektrums erfolgt. Spekulationen über diese Punkte müssen wir für jetzt verschieben.

Erregung durch das Licht des Zinkbogens.

Das gesamte Fluoreszenzspektrum bei Erregung durch alle drei Zinklinien — also durch die Gesamtstrahlung der Lampe — ist ziemlich hoch oben in der Figur 4, dicht unter dem Fluoreszenzspektrum bei Erregung durch Kadmiumlicht, dargestellt. Es ist kaum möglich, eine Koinzidenz zwischen zwei Linien zu finden. Legt man die beiden Spektren nebeneinander, so ergeben sie ein treffendes Bild von der Veränderung, welche durch Verschiedenheit der Erregung desselben fluoreszierenden Mediums entsteht. In Figur 3, *c* ist eine photographische Aufnahme des Spektrums wiedergegeben.

Erregen wir die Fluoreszenz durch die Zinklinie 4811 allein, so erhalten wir ein Spektrum, wie es in der Figur 3, *b* dargestellt ist. Die beiden anderen Zinklinien sind natürlich infolge der Einwirkung des diffusen Lichtes auch gegenwärtig. Werfen wir nun einen Blick auf die Übersichtstafel (Fig. 4), so finden wir, daß das violette Ende dieses Spektrums recht gut mit der fünften Serie im Spektrum der magnetischen Drehung übereinstimmt, wenngleich auch andere Linien zugegen sind. Die beiden kräftigen Linien bei 5188 und 5225 scheinen auch derselben Serie anzugehören. Im ganzen sind die Linien viel weniger gleichmäßig verteilt als bei der Erregung durch die Kadmiumlinie 4800. Die drei breiten Paare zwischen 5230 und 5350 sind dieser Art der Erregung eigentümlich.

Auf der Übersichtstafel (Fig. 4) habe ich auch das Spektrum der durch die beiden anderen Zinklinien, 4680 und 4722, erregten Fluoreszenz eingetragen. Diese beiden Linien liegen so nahe beieinander, daß es sich als unmöglich erwies, den Dampf nur mit dem Licht einer derselben zu beleuchten und dabei gleichzeitig eine hinreichende Beleuchtungsstärke zu erhalten, um starke Fluoreszenz erregen zu können. Bislang habe ich noch nicht viele Anzeichen für eine Regelmäßigkeit in der Verteilung der Linien in diesem Spektrum finden können; indessen sind unzweideutige Spuren von zwei Serien in unmittelbarer Nachbarschaft der erregenden Linien vorhanden. Die Linien, welche zusammen zu gehören scheinen, habe ich mit den Buchstaben *A* und *B* bezeichnet. (Man vergleiche hiermit das Spektrum der durch Heliumstrahlung erregten Fluoreszenz in derselben Figur 4.) Wir haben eine ungeheure Anzahl von Linien im gelbgrünen Spektralgebiet, da wir ja am entgegengesetzten Ende des Spektrums eine doppelte Erregung haben. Hier scheint eine gewisse Regelmäßigkeit vorzuliegen, indessen ist es schwer, zu sagen, welche Linien zusammengehören.

Erregung mit Wismutlicht.

Das Licht des Wismutbogens liefert einen schönen Erreger für die Fluoreszenz; es enthält nämlich nur eine einzige wirksame Linie, die kräftige Linie bei 4724. Sie erzeugt eine sehr regelmäßige Serie im blauvioletten Spektralgebiet, deren Linien in die Mitte zwischen die Linien der dritten und der vierten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung zu fallen scheinen (siehe Fig. 3, *e* und Fig. 4). Obschon die Wellenlänge des erregenden Lichtes hier

nur um zwei Ångström-Einheiten größer ist als die der Zinklinie 4722, so sind doch die Zwischenräume in der Serie in beiden Fällen gänzlich verschieden. Dasselbe habe ich bei Erregung durch die kürzeste Kadmiumlinie und durch die Zinklinie gefunden. Dieser Umstand läßt es möglich erscheinen, daß man interessante Ergebnisse erhalten dürfte, wenn man die Wellenlänge der erregenden Linie, entweder durch Druck oder durch ein starkes Magnetfeld, verändern würde. Versuche nach dieser Richtung hin will ich im kommenden Winter anstellen.

In diesen beiden Fällen haben wir es mit Erregung durch Linien von nahezu derselben Wellenlänge zu tun, und in beiden Fällen wird die Serie mit den größeren Zwischenräumen dann hervorgebracht, wenn die Erregung durch die größere Wellenlänge erfolgt. Es steht noch die Entscheidung darüber aus, ob wir verschiedene Absorptionsstreifen zu fassen bekommen und vollständig verschiedene Serien erregen, oder ob wir in beiden Fällen denselben Vibrator erregen, und der gegenseitige Abstand der entstehenden Linien dann davon abhängt, bis zu welchem Grade wir uns mit unseren erregenden Schwingungen seiner natürlichen Eigenschwingung nähern.

Außer den gleichmäßig verteilten Linien im violetten Spektralgebiet haben wir an gelbgrünen noch eine verwickelte Linienzusammensetzung. Der dazwischen liegende Teil des Spektrums ist ganz frei von Linien. Eine dieser Linien, $\lambda = 5300$, hat einen breiten verwaschenen Schatten, und es verdient vielleicht erwähnt zu werden, daß wir an dieser Stelle des Spektrums bei Erregung durch die beiden Zinkstrahlungen ein verschwommenes Duplett haben, bei Erregung durch die Zinklinie 4811 eine einzelne Linie, und bei Erregung durch die Kadmiumlinie 4800 zwei schwache Linien. Einige der übrigen Linien zeigen Schatten, wie aus der Übersichtstafel (Fig. 4) zu ersehen ist, und bei der Wellenlänge 5460 finden wir eine breite verwaschene Bande. Alle diese Eigentümlichkeiten machen die Sachlage verwickelt, und ich habe die Aufmerksamkeit nur auf sie gelenkt, um zu zeigen, daß wir nicht erwarten dürfen, den Zusammenhang der Dinge durch einen gar zu einfachen Mechanismus erklären zu können.

Ein paar Worte in betreff des Wismutlichtbogens dürften wohl noch am Platze sein. Ich habe verschiedene Anordnungen versucht, beispielsweise Eintauchen der Elektroden in Wasser, Verbrennung im Kohlebogen usf. Als beste Anordnung ergab sich eine aus einem Stück dünnen Eisenblechs geschlagene flache Schüssel von ungefähr 4 cm Durchmesser, welche nahezu ganz mit geschmolzenem Wismut gefüllt und über einem kleinen Brenner glühend erhalten wurde. Die metallene Schale bildete die positive Elektrode, während die negative aus einem Eisenstabe bestand, welcher mit Hilfe eines Zahnstangengetriebes auf- und abwärts bewegt werden konnte. Der Lichtbogen erforderte beständige Wartung, denn es mußte alle zehn oder fünfzehn Minuten frisches Metall in die Schale gegossen werden; nun waren Expositionsdauern von acht Stunden notwendig; man sieht also, daß ein ungeheurer Aufwand von sehr anstrengender Arbeit in allen Fällen erforderlich war, wo Lichtbögen in freier Luft zur Anwendung gelangten.

Erregung mit Kupferlicht.

Ich bin bisher nicht imstande gewesen, photographische Aufnahmen der durch die einzelnen Kupferstrahlen getrennt erregten Fluoreszenz zu erhalten. Die Linien liegen nahe beieinander, und der Bogen leckt über die Elektroden hinweg. Ich hoffe, im nächsten Jahre in dieser Hinsicht Verbesserungen einzuführen. In Figur 3 *a* sieht man das Spektrum der durch die Gesamtstrahlung des Kupfers erregten Fluoreszenz. Nur die grünen Linien wirken fluoreszenzerregend auf den Dampf ein. Wie ein Blick auf die Übersichtstafel (Fig. 4) lehrt, scheinen die Linien im Fluoreszenzspektrum in keiner sehr engen Beziehung zu den Linien im Spektrum der magnetischen Drehung zu stehen. Dagegen fallen viele Linien mit Linien in den Spektren der durch die Zinklinie 4811 und der durch die Zinklinien 4680 und 4720 erregten Fluoreszenz zusammen. Auf Grund einer Vergleichung dieser drei Spektren habe ich vorläufig die Linien bestimmt, welche im Spektrum der durch die Kupferstrahlungen erregten Fluoreszenz zueinander gehören. Diese Linien habe ich in Figur 4 durch darüber angebrachte Kreuze und senkrechte Striche bezeichnet; andere Linien, die in den Spektren der durch Zinklicht erregten Fluoreszenz nicht auftreten, habe ich nicht besonders hervorgehoben. Ich vermute, daß die Erregung durch die Kupferlinie 5152 ein Duplett an dieser Stelle, und wahrscheinlich auch an anderen Punkten, hervorbringen wird, gerade wie dies bei Erregung durch die Kadmiumlinie 5086 der Fall ist. Ich werde versuchen, diese Vermutung zu bestätigen. Ich habe gelegentlich in ein oder zwei Fällen bei dem Versuch, den Dampf durch diese Linie für sich allein zur Fluoreszenz zu erregen, den Eindruck gehabt, als sähe ich deutlich Dupletts; ich habe aber damals diese Erscheinung auf eine unvollkommene Trennung der erregenden Linien zurückgeführt.

Erregung mit Bleilicht.

Ich benutzte, um den Dampf zur Fluoreszenz zu erregen, einen Bleilichtbogen, der in ähnlicher Weise gehandhabt wurde, wie ich es eben beim Wismutlichtbogen beschrieben habe. Die einzige wirksame Linie war die bei 5001 liegende, und diese brachte eine scharf ausgeprägte Serie von Fluoreszenzlinien hervor, welche genau mit der ersten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung zusammenfiel. Es verdient bemerkt zu werden, daß eine der Extralinien aus dem Spektrum der magnetischen Drehung sehr nahe an der erregenden Linie liegt, daß indessen keine dieser Linien im Fluoreszenzspektrum erschien. Die durch Bleilicht erregte Fluoreszenz war sehr schwach, und selbst bei einer achtstündigen Expositionsdauer blieben die Linien sehr matt.

Erregung mit Heliumlicht.

Es wurde eine große Heliumröhre für Längsdurchsicht von 3 mm lichter Weite für diese Untersuchung angefertigt. Diese Röhre konnte dauernd mit einem Induktorium betrieben werden, welches einen kräftigen Funken von zehn Zoll Länge gab. Ich benutzte eine Expositionsdauer von ungefähr zwölf Stunden. Von den Heliumlinien sind zwei wirksam: die Linie 5015 liefert eine scharf ausgeprägte Serie, deren Linien genau in die Mitte zwischen die Linien der zweiten und dritten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung fallen; die Linie 4713 erzeugt eine schöne Serie im blauen Spektralgebiet und mindestens sechs getrennte Linien im gelbgrünen, deren Wellenlängen aus der Übersichtstafel (Fig. 4) zu entnehmen sind. Die erregende Linie fällt im vorliegenden Falle mit einer der Linien im Spektrum der durch die Zinklinie 4680 erregten Fluoreszenz zusammen, und es herrscht vollkommene Übereinstimmung hinsichtlich der Lage der Fluoreszenzlinien in beiden Fällen, und zwar nicht nur im blauen, sondern auch im gelbgrünen Spektralgebiet. Auf der Übersichtstafel (Fig. 4) habe ich die Linien im Spektrum der durch die Linie 4680 erregten Fluoreszenz, oder wenigstens so viele von ihnen, wie ich identifizieren konnte, hervorgehoben. Die Identifizierung erfolgte selbstverständlich durch Vergleichung mit dem Spektrum der durch Heliumlicht erregten Fluoreszenz.

Erregung mit Lithiumlicht.

Ich ließ zwischen einem Kohlestab und einem großen Kohleblock, auf welchen das Lithiumsalz gelegt wurde, einen Lichtbogen übergehen. Das Bild der roten Flamme wurde auf das Fenster der Retorte entworfen und erregte eine helle Fluoreszenz. Zwei von den Lithiumlinien waren wirksam: Die eine liegt bei 4601; sie war die kurzwelligste monochromatische Erregungsquelle, welche ich bisher gefunden habe; sie liefert die Serie im violetten Gebiet (siehe Fig. 4) und eine große Anzahl Linien im gelbgrünen. Die andere wirksame Linie liegt bei 4971; sie liefert eine schöne Serie im grünen Spektralgebiet, welche genau mit der zweiten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung zusammenfällt. Die Erregung durch die Linie 4971 würde ganz besonderes Interesse bieten, weil im Spektrum der magnetischen Drehung mehrere Linien vorkommen, die sehr nahe daran liegen. Die Linie ist leider nicht sehr hell, und die Fluoreszenzlinien waren so schwach, daß sie nur mit Mühe gemessen werden konnten.

Die Linien im gelbgrünen Spektralgebiet nehmen gleichfalls ein beträchtliches Interesse für sich in Anspruch: sie sind nämlich das Ergebnis einer einzelnen monochromatischen Erregung, welche praktisch am äußersten unteren Ende des Fluoreszenzspektrums angreift. Tatsächlich liegt diese Linie beträchtlich unterhalb der Grenze des Fluoreszenzspektrums, welches für gewöhnlich bei Erregung mittels weißen Lichtes erscheint. Diese Grenze liegt nicht weit von der Wellenlänge 4670, der kürzesten, welche ich bislang im Spektrum der magnetischen Drehung entdeckt habe, wenn dieses mit dem Gitter photographiert worden war; auf Negativen, die mit dem Prismenspektrographen aufgenommen worden waren, waren allerdings auch noch unterhalb 4600 schwache Linien sichtbar. Es scheinen Spuren einer Anzahl von Serien im gelbgrünen Gebiet vorhanden zu sein; die Zwischenräume in diesen Serien nehmen jedoch mit wachsender Wellenlänge ab; es herrschen also hier genau entgegengesetzte Verhältnisse wie im blaugrünen Gebiet. Wahrscheinlicher ist es indessen, daß die scheinbare Abnahme der Zwischenräume bei der Annäherung an das gelbe Ende des Spektrums zurückzuführen ist auf andere Serien, die den im grünen und blauen Gebiet gefundenen sehr ähnlich sind, und daß die enge Nachbarschaft der Linien von der großen Anzahl übereinander gelagerter Serien herrührt. Bei Erregung mit weißem Licht kann man keine Spur der Linien oberhalb der Wellenlänge 5550 sehen, und sie sind so schwach, daß sie bereits ein beträchtliches Ende unterhalb dieses Punktes fast nicht mehr zu unterscheiden sind. Die breiten Verwaschungen, welche im Spektrum der mit weißem Licht erregten Fluoreszenz zu sehen sind, lassen sich ohne Zweifel einigermaßen auf den Umstand zurückführen, daß die Linien der verschiedenen Serien periodisch gleiche und entgegengesetzte Phasen miteinander zeigen: sie können somit als analog den Banden

angesehen werden, welche sich zeigen, wenn zwei Beugungsgitter von ein wenig verschiedenen Gitterkonstanten aufeinander gelegt werden.

Erregung mit Baryumlicht.

Die von dem Baryumlichtbogen erregte Fluoreszenz scheint hauptsächlich der Linie 4934 zuzuschreiben zu sein, welche mit einer der Extralinien im Spektrum der magnetischen Drehung zusammenfällt. Die Linie 4932 der zweiten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung liegt ebenfalls ganz in ihrer Nähe, und wir finden, daß das Fluoreszenzspektrum sowohl Linien enthält, welche mit den Linien der zweiten Serie im Spektrum der magnetischen Drehung zusammenfallen, als auch solche, die mit einigen der Extralinien in diesem Spektrum zusammenfallen. Der Baryumlichtbogen enthält auch eine ganze Menge anderer schwächerer Linien, welche möglicherweise einige der Fluoreszenzlinien hervorrufen. Es wird erforderlich sein, den Versuch mit der isolierten Linie 4934 zu wiederholen.

Erregung mit Natriumlicht.

Wenn wir den Dampf mit intensivem Natriumlicht erregen, so erhalten wir, wie ich in meiner eingangs erwähnten früheren Abhandlung gezeigt habe, eine gelbe Fluoreszenz, welche sich bei spektroskopischer Untersuchung als aus zwei Linien an der Stelle der *D*-Linien bestehend erweist. Wir haben es hier mit nichts anderem zu tun als mit einer Wiederaussendung von Licht mit der gleichen Wellenlänge wie die des erregenden Lichtes. Ich habe diesen Vorgang als Resonanzstrahlung bezeichnet, weil sich zeigen läßt, daß er von der Fluoreszenz verschieden ist, wenngleich beide Vorgänge ohne Zweifel in enger Beziehung zueinander stehen. Im ultravioletten Spektralgebiet liegen eine Anzahl von Linienpaaren, welche zu derselben Serie gehören wie die *D*-Linien; es erschien deshalb von großer Bedeutung, zu entscheiden, ob diese Linienpaare im Spektrum der durch das Licht der Natriumflamme erregten Fluoreszenz erscheinen. Das Natriumrohr wurde mit einem Quarzfenster versehen und das Licht einer reichlich mit Natrium beschickten Knallgasflamme mit Hilfe einer Glaslinse auf die Öffnung der Retorte konzentriert. Es wurde auch weißes Bogenlicht benutzt, weil dieses die Schwingungen der *D*-Linie im Fluoreszenzspektrum erregt. Das Spektrum wurde mittels eines kleinen Quarzspektrographen photographiert. Obwohl nun die *D*-Linien stark überexponiert waren, war doch auf der Platte keine Spur von irgendeinem der ultravioletten Dupletts zu finden. Umgekehrt gelang es nicht, durch Beleuchtung mit ultraviolettem Licht in der Gegend des ersten ultravioletten Linienpaares irgendwelche sichtbare Fluoreszenz hervorzubringen. Ich hatte gehofft, daß sich auf diese Weise eine schwache gelbe, von einer Emission in der Gegend der *D*-Linien herrührende Fluoreszenz würde hervorbringen lassen. Ich habe bisher nicht versucht, mit D_1 und D_2 einzeln für sich Fluoreszenz zu erregen, um zu sehen, ob dann beide *D*-Linien im Fluoreszenzspektrum auftreten. Dieser Versuch wird sehr schwierig werden, und ich spare mir ihn bis zuletzt auf. Durch ihn wird die Frage erledigt werden, ob die Hauptserie des Natriumspektrums aus einer Serie von Dupletts oder aus zwei Serien einzelner Linien besteht.

Erregung durch Kathodenstrahlen.

Die Kathodenstrahlen erregen, wie ich gefunden habe, eine ähnliche Fluoreszenz wie weißes Licht. Es treten sowohl die Linien der Hauptserie als auch die der Nebenserien auf, und einige von ihnen sind von blendender Helligkeit. Der Apparat zur elektrischen Erregung der Fluoreszenz ist in Figur 11 dargestellt.

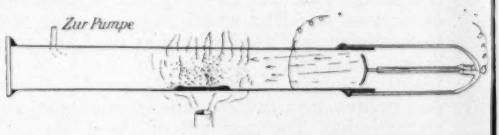


Fig. 11.

Er bestand aus einem Stahlrohr von 3 cm Durchmesser und 35 cm Länge, dessen eines Ende mit einer Glasplatte verschlossen war, während das andere Ende mittels Siegellacks an eine Glasröhre angekittet war, welche die Kathode trug. Die Quecksilberpumpe war ununterbrochen in Betrieb, um den Wasserstoff zu entfernen, der aus dem Natrium entbunden wurde. Blickte man durch das Glasfenster in das Rohr hinein, so sah man an den Stellen, wo die Kathodenstrahlen in den Dampf eintraten, eine leuchtende gelbe Lichtkugel von 2 cm Durchmesser. Ich habe ihr Spektrum photographiert; es ist in Figur 3 *n* abgebildet. Außer dem Fluoreszenzspektrum und den Natriumlinien aller drei Serien traten die Wasserstofflinien stark hervor. Es ist mir niemals gelungen, sie vollständig zu beseitigen. Ich habe mit der elektrischen Erregung nur sehr wenige Versuche angestellt, habe aber doch einige sehr seltsame Erscheinungen beobachtet. In einigen Fällen sah ich, wenn ich in schräger Richtung in das Rohr hineinblickte, daß an der Stelle, wo die Kathodenstrahlen in die Dampfmasse eintraten, ein heller grüner Fluo-

reszenzfleck vorhanden war, während an der Austrittsstelle der Kathodenstrahlen ein orangegelber Fleck zu sehen war; dabei war der zwischen diesen beiden Stellen liegende Raum nicht leuchtend. Wenn ich sie in einer zur Richtung der Strahlen geneigten Richtung betrachtete, so sah ich die beiden Flecke vollständig voneinander getrennt. Diesen Umstand betrachte ich als sehr bemerkenswert, und eine spektroskopische Untersuchung der beiden Lichtflecke wird ohne Zweifel fruchtbringende Ergebnisse liefern. Leider läßt sich die Bedingung schwer aufrecht halten, denn die Erscheinung tritt nur dann auf, wenn der Natriumdampf gerade die richtige Dichte hat und das ihn umgebende Vakuum sehr hochgradig ist. Wie ich in meiner Arbeit über die Dispersion des Natriumdampfes gezeigt habe, können wir eine dichte Masse von dem Metalldampf haben, die allseitig von einem sehr hohen Vakuum begrenzt wird, also vom Standpunkte der kinetischen Gastheorie betrachtet durchaus anomale Verhältnisse. Meine Ansicht ist, daß der grüne Fleck das Fluoreszenzspektrum zeigen wird, der gelbe Fleck aber die Linien der Hauptserie und der Nebenserien, die im Spektrum des Natriumbogens zu finden sind. Bisher habe ich aber noch nicht die Zeit gefunden, diese Frage auch nur durch Beobachtung mit dem Auge zu prüfen. Ich habe mehrmals den Versuch gemacht, aber während der Zeit, die ich brauchte, um das Bild des Lichtflecks auf den Spalt in geeigneter Richtung zu entwerfen, so daß das Licht durch die Prismen ging, und um das Auge an das Instrument heranzubringen, aber inzwischen hatten sich die Verhältnisse im Rohre bereits wieder verändert.

Es ist schwer, das Fehlen einer Leuchterscheinung inmitten der Dampfmasse und die beiden hellen Flecke zu erklären. Vielleicht bestehen die Verhältnisse, unter denen die Strahlen Fluoreszenz erregen, nur an den Stellen, wo die Dampfmasse mit dem Vakuum in Berührung steht, also in dem Gebiete, in welchem die hypothetischen Molekulargruppen zerfallen und zu den kälteren Wandungen des Rohres hinfliegen. Selbst wenn wir annehmen, daß dies der Fall sei, so bleibt noch die verschiedene Farbe der beiden Flecke zu erklären. Vielleicht erregen die Kathodenstrahlen das grüne Spektrum, während die nach der Kathode hin wandernden Kanalstrahlen die orangegelbe Lumineszenz erregen. Ich habe einen einzigen Versuch mit einem ähnlichen Rohre ausgeführt, bei dem die Anordnung so getroffen worden war, daß ein Strom von Kanalstrahlen gegen den Dampf gerichtet wurde. Die Lumineszenz war hellgelb, das Rohr zersprang aber, bevor eine spektroskopische Untersuchung vorgenommen worden war.

Andererseits werden möglicherweise die Bestandteile, welche die grüne Lumineszenz erregen, aus dem Strahlenbündel durch Absorption beseitigt, so daß der übrigbleibende Teil die gelbe Lumineszenz an der Austrittsstelle hervorbringt. Falls diese Annahme richtig wäre, so müßten wir an jeder Stelle dieselbe Menge gelben Lichtes erwarten; ich bin nun der Meinung, daß das grüne Licht viel zu rein ist, als daß dies der Fall sein könnte. Es werden weitere Versuche notwendig sein, ehe es möglich sein wird, irgendwelche einigermaßen bestimmte Schlußfolgerungen zu ziehen.

In dem durch Kathodenstrahlen erregten Spektrum sind die *D*-Linien ungeheuer leuchtend und fließen zu einer einzigen Lichtbande zusammen. Zu beiden Seiten dieser Bande erblickt man drei oder vier symmetrisch angeordnete Banden, welche in beiden Richtungen mit wachsendem Abstande von den *D*-Linien an Helligkeit abnehmen. Im Spektrum der magnetischen Drehung ist von diesen Banden keine Spur zu sehen; dieses Spektrum zeigt in in dieser Gegend nur feine, in engen Gruppen angeordnete Linien, welche nicht mit den hellen Banden der Kathodolumineszenz zusammenfallen.

In Figur 12 ist eine Photographie dieses Bandenspektrums wiedergegeben.

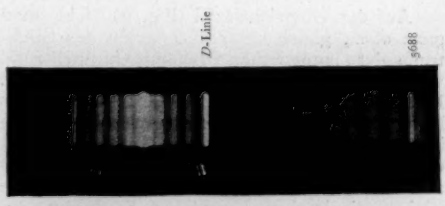


Fig. 12.

Ich bin überzeugt, daß diese Banden irgendeinen Zusammenhang mit den *D*-Linien haben, weil sie zu beiden Seiten der *D*-Linien symmetrisch angeordnet sind. Wäre die photographische Aufnahme mit einem Gitter gemacht worden, so würden wir natürlich die Banden als Geister ansprechen. Es ist möglich, daß sie den Trabantenlinien analog sind; wenn das aber der Fall ist, so haben wir es entschieden mit einer Erscheinung im großen Stile zu tun, denn die vierte Bande liegt nicht weit von dem Natriumduplett bei 5688 entfernt! Alle diese Punkte sollen im kommenden Jahre ausführlicher untersucht werden.

Andere mögliche Erregungsarten.

Während der Drucklegung dieser Arbeit kam mir der Gedanke, daß man sehr interessante

Ergebnisse erhalten würde, wenn man die Fluoreszenz durch das Licht erregen würde, welches durch den Dampf in einem Magnetfelde selektiv gedreht worden ist, d. h. durch das helle Linienspektrum der magnetischen Drehung. Dieses Licht ist ziemlich intensiv, und es würde interessant sein, zu erfahren, ob die Verteilung der Intensität über die erzeugten Fluoreszenzlinien dieselbe wäre wie im Spektrum der magnetischen Drehung.

Was ich indessen vor allen Dingen brauchte, das wäre eine Reihe von Filtern, die mir die Möglichkeit bieten würde, Linien wie die des Kupfers voneinander zu trennen, ohne zu den Prismen- und Linsensystemen meine Zuflucht nehmen zu müssen. Eine schöne Sammlung von Lösungen der Salze der seltenen Erden würde wahrscheinlich bei diesen Untersuchungen sehr nützlich sein. Ich besitze Erbium, Praseodymium und Neodymium; ich würde indessen für die leihweise Überlassung anderer Salze, die sich als dienlich erweisen könnten, oder für irgendwelche Hinweise betreffs anderer möglicher Quellen für monochromatisches Licht, sehr dankbar sein. Wie ich schon früher gesagt habe, ist das notwendigste Instrument eine Lichtsirene.

Zusammengesetzte Erregung.

Auf der Übersichtstafel (Fig. 4) sieht man ganz oben, gleich unter den Serien des Spektrums der magnetischen Drehung, ein Spektrum, welches ungefähr zweihundert Linien enthält. Diese Zeichnung habe ich durch Übereinanderlegung aller Zeichnungen zusammengestellt, die ich für die einzelnen Spektren der durch monochromatisches Licht erregten Fluoreszenz gemacht habe. Dieses Spektrum enthält viele Linien, die in dem komplexen Spektrum der durch weißes Licht erregten Fluoreszenz nicht zu finden sind. In letzterem Spektrum finden wir zwischen den Wellenlängen 5000 und 5100 nur zehn bis zwölf Linien, wohingegen in dem zusammengesetzten Spektrum hier mindestens zwanzig liegen. Dieser Umstand ist von Interesse mit Rücksicht auf die periodischen dunklen Gebiete im komplexen Spektrum, welche diesem ein kanneliertes Aussehen verleihen. Das Zustandekommen dieser Kannelierung verlangt noch eingehendere Untersuchungen; ihre Lage verändert sich nämlich, wenn man die Wellenlänge des erregenden Lichtes, welches in diesem Falle ein ziemlich breites, aus dem kontinuierlichen Spektrum mittels des monochromatischen Beleuchtungapparates ausgesondertes Strahlenbündel ist, verändert. Diese Erscheinungen habe ich bereits in meiner früheren Arbeit ausführlicher beschrieben, sie erfordern indessen, wie gesagt, noch weitere Untersuchungen.

Die Serien im Spektrum der magnetischen Drehung.

Wie wir gesehen hatten, setzt sich das komplexe Fluoreszenzspektrum aus sechs oder mehr Linienserien zusammen, und zwar liegen die einzelnen Linien jeder Serie um ungefähr 38 Ångström-Einheiten auseinander, so jedoch, daß die Abstände vom gelben zum violetten Ende hin fortschreitend kleiner werden. Der Umstand, daß die Linien im Spektrum der magnetischen Drehung mit den Linien des komplexen Spektrums zusammenfallen, läßt es als sicher erscheinen, daß wir dort dieselben Serien finden werden. Auf Grund einer Vergleichung der verschiedenen Fluoreszenzspektren mit dem Spektrum der magnetischen Drehung, und gestützt auf eine sorgfältige Messung der Abstände zwischen den Linien des letzteren, habe ich die Linien im Spektrum der magnetischen Drehung, soweit ich solche bislang beobachtet habe, vorläufig in fünf Serien eingeteilt.

In den nachstehenden Tabellen führe ich die betreffenden Wellenlängen und Wellenlängendifferenzen auf.

Erste Serie.

λ	$\Delta\lambda$	
5119,34		
5079,78	39,56	
5040,65	39,13	
5001,57	39,08	im Original: 38,67 und 38,52 (vergl. auch oben). (Iklé.)
4962,85	38,72	
4924,32	38,53	

Zweite Serie.

λ	$\Delta\lambda$	
5165,85		
5126,54	39,31	
5087,31	39,23	
5048,49	38,82	
.....	$\frac{77,64}{2} = 38,82$	im Origin. irrtümlich 38,83. (Iklé.)
4970,85		
4932,64	38,21	
4894,58	38,06	
.....	$\frac{75,15}{2} = 37,57$	
4819,43		
4782,89	36,54	
.....		
	$\frac{112,89}{3} = 37,63$	
.....		
4670		

Dritte Serie.

λ	$\Delta\lambda$	
5211,71		
5172,82	38,89	
5133,73	39,09	
5094,78	38,95	
.....		
	$\frac{115,44}{3} = 38,48$	im Original irrtümlich $\frac{115.34}{3} = 38,45$. (Iklé.)
.....		
4979,34		
.....	$\frac{75,96}{2} = 37,98$	
4903,38		
4865,59	37,79	
.....		
	$\frac{113,55}{3} = 37,85$	
.....		
4752,04		
4715,63	36,41	

Vierte Serie.

λ	$\Delta\lambda$	
5219,00		
5179,71	39,29	
5140,71	39,00	
.....		
	$\frac{115,05}{3} = 38,35$	
.....		
5025,66		
.....		
	$\frac{113,56}{3} = 37,85$	
.....		
4912,10		
.....	$\frac{74,61}{2} = 37,30$	
4837,49		
.....		
	$\frac{109,97}{3} = 36,66$	im Origin. irrtümlich 36,68. (Iklé.)
.....		
4727,52		
4692,54		

Fünfte Serie.

λ	$\Delta\lambda$	
5225,34		
5186,70	38,64	
5147,50	39,20	
.....	$\frac{76}{2} = 38,00$	
5071,50		
5033,54	37,96	im Original 38,00. (Iklé.)
.....		
	$\frac{47,92}{2} = 37,46$	

λ	$\Delta\lambda$	
4958,62		
.....	$\frac{74,81}{2} = 37,40$	
4883,81		
.....	$\frac{73,65}{2} = 36,82$	
4810,16		
.....	$\frac{71,66}{2} = 35,83$	
4738,5		

Extralinien.

λ	
5096,00	
5052,83	
5049,56	
5003,12	
4967,10	im Original in umgekehrter Folge. (Iklé.)
4964,39	

Wie ein Blick auf die Übersichtstafel (Fig. 4) lehrt, hat die erste Serie den größten mittleren Linienabstand und die fünfte Serie den kleinsten. Die „Skala", wenn der Ausdruck gestattet ist, nimmt also von der ersten zur fünften Serie hin allmählich ab, und die Serien kommen ungefähr bei der Wellenlänge 4860 zur Koinzidenz.

Zweifellos ließen sich diese Serien bei Verwendung der mit dem Gitter aufgenommenen Photographie des komplexen Spektrums der mit weißem Licht erregten Fluoreszenz noch bis zur Wellenlänge 5500 oder bis in deren Nachbarschaft ausdehnen. Die Linien haben indessen so diffusen Charakter, sie zeigen übergreifende Schatten und andere Eigentümlichkeiten, daß ich bisher noch nicht versucht habe, die Serien weiter auszudehnen. Ich denke, daß man unter Anwendung eines viel dichteren Dampfes das Spektrum der magnetischen Drehung beträchtlich wird ausdehnen können, und da die Linien in diesem Falle viel schärfer sind, so wird es ein Leichtes sein, die Serien zu erweitern. Vielleicht wird man auf diese Weise die übrigen Serien finden, welche noch erforderlich sind, um die im gelben Spektralgebiet gefundenen engen Zwischenräume zu ergeben.

Eine theoretische Diskussion der Versuchsergebnisse werden wir auf eine spätere Arbeit verschieben müssen. Es wäre mir in der Tat lieber, wenn diese Seite des Gegenstandes von solchen Forschern in Angriff genommen würde, die sich mit der Theorie der Molekülstrahlung eingehender beschäftigt haben als ich. Der Umstand, daß viele Linien in den einzelnen Serien des Spektrums der magnetischen Drehung und gewisse Linien in den Serien des

Fluoreszenzspektrums fehlen, gibt ganz besonders zu denken. Wir haben bekanntlich in anderen Linienserien ähnliche Verhältnisse, doch ist meines Wissens der vorliegende Fall der einzige, in welchem wir durch Abänderung der Erregungsbedingungen eine Änderung in der Lage der fehlenden Linien hervorbringen können. Mir scheint, als ob die Daten, welche uns der Natriumdampf an die Hand gibt, uns schließlich in den Stand setzen müssten, zwischen den verschiedenen Theorien, welche zur Erklärung der Serien im Spektrum aufgestellt worden sind, die Entscheidung zu treffen.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 7. Oktober 1906.)

Über die Lichtemission durch die α-Strahlen.

Von J. Stark.

§ 1. Einfluß des elektrischen Feldes auf die Emission des Bandenspektrums. — Sir William und Lady Huggins[1]), B. Walter und R. Pohl[2]), F. Himstedt und G. Meyer[3]), B. Walter[4]) und R. Pohl[5]) haben nachgewiesen, daß Luft und Stickstoff unmittelbar an einem Radiumpräparat das Bandenspektrum des Stickstoffs emittiert. Nach B. Walter[6]), R. Pohl[7]), W. Marckwald und R. Herrmann[8]) emittiert die Luft auch in der Nähe von Radiotellur (Polonium) Licht; dessen Spektrum ist nach B. Walter[9]) identisch mit dem Bandenspektrum des Stickstoffs. Aus verschiedenen Versuchen und Umständen ist zu schließen, daß überwiegend die α-Strahlen die Emission des Bandenspektrums des Stickstoffs veranlassen. Wird also Stickstoff von α-Strahlen (Geschwindigkeit 1 bis $1{,}7 \cdot 10^9$ cm/sec) durchlaufen, so emittiert er das Bandenspektrum. Ebenso emittiert Stickstoff sein Bandenspektrum, wenn er von Kanalstrahlen[10]) durchlaufen wird. Diese können wir betrachten als α-Strahlen von kleiner Geschwindigkeit ($0{,}2 - 5 \cdot 10^8$ cm/sec bei Wasserstoff-Kanalstrahlen).

Gegenstand der nachstehenden Untersuchung ist die Frage, ob die Emission des Bandenspektrums des Stickstoffs, welche durch die α-Strahlen von Radiotellur veranlaßt wird, durch ein elektrisches Feld eine Veränderung erfährt.

Fig. 1 stellt perspektivisch dar ein rechtwinklig gebogenes Kupferblech; dessen Unterseite hatte ich von Dr. R. Sthamer in Hamburg mit Radiotellur überziehen lassen. Vier derartige kongruente und gleichartig behandelte Kupferbleche wurden an einer 2 mm dicken Hartgummischeibe so befestigt, wie es Fig. 2

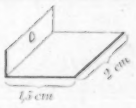


Fig. 1.

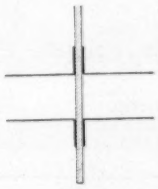


Fig. 2.

Fig. 3.

in Vorderansicht zeigt; je zwei aktivierte Flächen standen in einem Abstand von 1 cm einander parallel gegenüber. Es waren so zwei kongruente, durch Hartgummi getrennte Luftkammern geschaffen, in welchen der Stickstoff unter dem Einfluß der α-Strahlen des Radiotellurs sein Bandenspektrum emittierte.

Zum Nachweis dieser Lichtemission wurde folgendes Verfahren angewendet. Wie aus Fig. 3 (Seitenansicht) zu ersehen ist, wurde den zwei durchstrahlten Kammern in einem Abstand von 43 cm eine Quarzlinse von 4,5 cm Durchmesser gegenübergestellt, diese entwarf auf eine 25 cm entfernte photographische Platte das Bild der zwei Kammern. Die Hartgummischeibe mit den aktivierten Platten, die Quarzlinse und die photographische Platte wurden fest in einem schwarz gestrichenen Kasten montiert; so blieben sie 8 Tage lang in einem dunklen Zimmer stehen. Nach dieser Zeit wurde die photographische Platte aus dem Kasten genommen und entwickelt. Es erschien auf ihr das Bild des Luftraumes der zwei Kammern, scharf begrenzt nach der Seite der Hartgummischeibe und nach den zwei Seiten der Kupferbleche, unscharf begrenzt nach der Seite der freien Luft. Nach dieser Seite ging die Schwärzung 2—3 mm über die vordere Verbindungslinie der als Punkte sich abbildenden äußeren Ränder der aktivierten Flächen hinaus. Hieraus ist zu schließen, daß von diesen auch in schiefer Richtung α-Strahlen ausgingen

1) Sir William und Lady Huggins, Proc. Roy. Soc. **72**, 196, 409, 1903.
2) B. Walter und R. Pohl, Ann. d. Phys. **18**, 406, 1905.
3) F. Himstedt und G. Meyer, Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br. **16**, 13, 1905; diese Zeitschr. **6**, 688, 1905.
4) B. Walter, Ann. d. Phys. **20**, 327, 1906.
5) R. Pohl, Verh. d. D. Phys. Ges. **7**, 457, 1905.
6) B. Walter, Ann. d. Phys. **17**, 367, 1905.
7) R. Pohl, Ann. d. Phys. **17**, 375, 1905.
8) W. Marckwald und K. Herrmann, Verh. d. D. Phys. Ges. **7**, 227, 1905.
9) B. Walter, Ann. d. Phys. **20**, 327, 1906.
10) J. Stark und W. Hermann, diese Zeitschr. **7**, 92, 1906.

und aus dem prismatischen Raum zwischen den aktivierten Flächen hinaus in die freie Luft liefen. Die Verteilung der Schwärzung und somit die Verteilung der Intensität der Emission in einer die zwei aktivierten Flächen (F_1 und F_2) normal verbindenden Geraden ist in Fig. 4 schematisch dargestellt; horizontal ist angetragen der Abstand zwischen den zwei Flächen F_1 und F_2, vertikal die Schwärzung. Wie man sieht, ist die Lichtemission in einer etwa 1,7 mm dicken unmittelbar an der aktivierten Fläche liegenden Luftschicht größer als in den entfernter liegenden Luftschichten.

Nachdem ich den vorstehenden Versuch zweimal mit demselben Erfolge gemacht hatte, ging ich zu folgendem Versuche über. An die vier Kupferbleche waren dünne Drähte angelötet, in der Fig. 3 sind zwei Drähte (D_1 und D_2) sichtbar. Die zwei Kupferbleche der einen Kammer wurden durch die Zuleitungsdrähte kurz geschlossen, in dem leuchtenden Luftraum zwischen ihnen war also kein elektrisches Feld

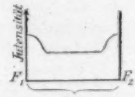


Fig. 4.

vorhanden. Dagegen wurde in der anderen durch die Hartgummischeibe von ihr getrennten Luftkammer ein elektrisches Feld hergestellt, indem an die Zuleitungsdrähte ihrer Kupferbleche unter Vorschaltung eines Widerstandes die Pole einer Hochspannungsbatterie gelegt wurden. In einem Versuch betrug die Spannungsdifferenz zwischen den zwei Blechen 160, in einem zweiten Versuche 2700 Volt. Es wurde in beiden Versuchen wieder 8 Tage lang exponiert. Die Bilder, welche ich in den zwei Versuchen von den zwei leuchtenden Luftkammern erhielt, waren gleich.

Es sei verglichen die Aufnahme, in welcher beide Luftkammern ohne elektrisches Feld waren, mit der Aufnahme, in welcher die eine Kammer ohne Feld war, während in der anderen ein elektrisches Feld und eine elektrische Strömung vorhanden war. Zwischen den zwei Aufnahmen ist kein Unterschied mit Sicherheit zu konstatieren; die Bilder der Kammer, welche in beiden Fällen ohne Feld war, sind gleich intensiv; die Bilder der anderen Kammer, die einmal ohne und einmal mit Feld war, zeigen, wenn überhaupt, so doch nur einen so kleinen Unterschied in der Intensität, daß er nicht sicher meßbar ist. Ein elektrisches Feld hat also auf die Intensität der Emission des Bandenspektrums durch die α-Strahlen, wenn überhaupt, so nur einen sehr geringen Einfluß.

Aus diesem Resultat ist zunächst zu folgern, daß der Träger des Bandenspektrums des Stickstoffs keine elektrische Ladung besitzt. Denn würde es von den positiven oder negativen Ionen emittiert, welche von den α-Strahlen in der durchlaufenen Luft erzeugt werden und Träger der elektrischen Strömung sind, so würde seine Intensität durch ein elektrisches Feld geschwächt werden müssen, da dieses die frei beweglichen Ionen in sehr kurzer Zeit aus dem ionisierten Luftraum an die Elektroden fortführt. Jene Folgerung ist auch aus der Beobachtung zu ziehen, daß sich an dem Bandenspektrum kein Doppler-Effekt[1]) nachweisen läßt.

Wir wollen nun das Resultat, daß ein elektrisches Feld ohne Einfluß ist auf die Emission des Bandenspektrums durch die α-Strahlen, mit der Hypothese kombinieren, welche ich über die Entstehung des Bandenspektrums eines Elementes aufgestellt habe. Nach dieser Hypothese wird das bei der Ionisierung eines elementaren Gases erscheinende Bandenspektrum emittiert von den einzelnen aufeinander folgenden Phasen der Wiedervereinigung eines positiven Atomions mit einem negativen Elektron. Die Wiedervereinigung kann erstens ihren Ausgang nehmen von frei beweglichen Ionen der elektrischen Strömung; auf diese Wiedervereinigung hat das elektrische Feld einen Einfluß; indem es nämlich im Sättigungsstrom die meisten frei beweglichen Ionen an die Elektroden aus dem Gase fortführt, verringert es die Wiedervereinigung im Gase. Die Wiedervereinigung kann weiter ihren Ausgang nehmen von einem positiven Atomion und einem negativen Elektron, welche durch eine äußere Einwirkung nicht eine so große relative Geschwindigkeit erhielten, daß sie entgegen der zwischen ihnen wirkenden Kraft dauernd sich trennen und frei bewegliche Ionen werden können; ferner kann sie ihren Ausgang nehmen von mittleren Phasen, nämlich von einem positiven Atomrest und einem negativen Elektron, welche durch eine äußere Einwirkung nicht völlig, sondern nur partiell voneinander getrennt wurden. Auf diese zwei letzten Arten von Wiedervereinigung ist ein elektrisches Feld ohne Einfluß. Es ist darum zu vermuten, daß die Emission des Bandenspektrums durch die α-Strahlen nicht überwiegend herrührt von der Wiedervereinigung frei beweglicher Ionen, sondern, wenn nicht ganz, so doch überwiegend herrührt von den zwei letzten Arten von Wiedervereinigung. Demnach würden die α-Strahlen auf ihrem Wege durch ein Gas außerordentlich viel mehr Gasatome nur partiell oder unter kleiner relativer Geschwindigkeit des getrennten Elektrons und positiven Atomrestes ionisieren, als sie aus neutralen Gasatomen frei

1) J. Stark, diese Zeitschr. 7, 355, 1906.

bewegliche Ionen erzeugen. Diesen Schluß ziehen ebenfalls Bragg[1]) und Kleeman[2]) aus der Erscheinung, daß sich in einem durch α-Strahlen ionisierten Gase keine vollständige Sättigung der elektrischen Strömung erzielen läßt. Dies zeigte sich auch in dem von mir untersuchten Falle; ich maß nämlich mit Hilfe eines empfindlichen Galvanometers die Stärke der Strömung in einer der Luftkammern zwischen den aktivierten Kupferblechen. Bei ungefähr 20 Volt Spannungsdifferenz zwischen den Elektroden war die Sättigung bereits angenähert vorhanden; indes stieg, wie aus Fig. 5 zu ersehen ist, die Stromstärke bei wachsender Spannungsdifferenz langsam weiter, ohne überhaupt vollkommene Sättigung zu erreichen.

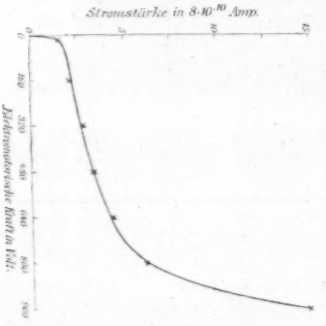


Fig. 5.

§ 2. Methode zur Untersuchung der Lichtemission durch die α-Strahlen in einem beliebigen Gase. — Bei den Untersuchungen, die ich und die Herren Hermann, Kinoshita und Siegl über die Lichtemission der Kanalstrahlen anstellten, zeigte sich, daß von allen Bandenspektren, welche die Kanalstrahlen zur Emission bringen, dasjenige des Stickstoffs die größte Intensität besitzt; viel schwächer ist das Bandenspektrum, welches die Kanalstrahlen in Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure zur Emission bringen. Wie nach Analogie zu vermuten ist, werden die α-Strahlen in den drei genannten Gasen zwar ebenso wie in Stickstoff die Emission des Bandenspektrums veranlassen; indes wird dessen Intensität in diesen Fällen viel geringer sein als bei Stickstoff. Wenn zum spektralanalytischen Nachweis der Emission des Bandenspektrums durch die α-Strahlen eines Radiumpräparates schon bei Stickstoff eine Expositionsdauer von 10 Tagen notwendig ist, so muß die Expositionsdauer bei den drei anderen Gasen wohl ungefähr 5—10 mal länger sein, wenn die Schwärzung der Platte hier überhaupt noch angenähert proportional der Expositionszeit gesetzt werden darf; wahrscheinlich bleibt aber auch bei langer Expositionsdauer in diesem Falle die Schwärzung der photographischen Platte unterhalb des Schwellenwertes der Wahrnehmbarkeit.

Bei Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlensäure ist darum wenig Aussicht vorhanden, die Emission des Bandenspektrums dieser Gase durch die α-Strahlen mittels spektraler Zerlegung nachzuweisen. Indes wird sich durch Anwendung nachstehender Methode bei diesen Gasen wenigstens der Nachweis führen lassen, daß sie ebenfalls wie Stickstoff durch die α-Strahlen zur Emission von Licht veranlaßt werden.

Ein 5 cm langer, 1 cm weiter Hohlzylinder von Kupfer sei auf seiner inneren Fläche mit

Fig. 6.

Radiotellur überzogen (Dr. R. Sthamer in Hamburg präparierte in dieser Weise für mich einen ihm eingesandten Hohlzylinder). Das von dem Hohlzylinder eingeschlossene Gas wird dann von allen Seiten von α-Strahlen durchlaufen. Der Zylinder sei, wie Fig. 6 zeigt, in einer Einschnürung einer ungefähr 25 cm langen Glasröhre befestigt. Auf das eine Ende der Röhre ist eine Quarzplatte aufgekittet. Dem Zylinder ist koaxial eine Quarzlinse gegenübergestellt, dieser auf der anderen Seite eine photographische Platte. Die Abstände sind so gewählt, daß die Linse von dem mittleren Querschnitt des Hohlzylinders ein scharfes Bild auf der photographischen Platte entwirft. Wenn nun das Gas im Hohlzylinder durch die α-Strahlen zum Leuchten angeregt wird, so muß die Öffnung des Hohlzylinders nach einer Expositionsdauer von 10—30 Tagen als Kreisscheibe auf der photographischen Platte abgebildet erscheinen. Durch das seitliche Ansatzrohr kann die

1) W. H. Bragg und R. D. Kleeman, Phil. Mag. **11**, 466, 1907.
2) R. D. Kleeman, Phil. Mag. **12**, 273, 1906.

Glasröhre, welche den Hohlzylinder enthält, mit beliebigen Gasen gefüllt werden.

[Infolge meines Fortganges von Göttingen konnte ich die begonnenen Versuche nicht fortsetzen und die vorstehende und die nachstehende Methode nicht auf ihre Brauchbarkeit prüfen.]

§ 3. Methode, die Lichtemission der α-Strahlen selbst zu untersuchen. — Die Untersuchungen über die Lichtemission durch die Kanalstrahlen [1]) haben ergeben, daß nicht bloß das von diesen durchlaufene Gas zur Emission seines Bandenspektrums veranlaßt wird, sondern daß die Kanalstrahlen selbst Licht emittieren und zwar ein Linienspektrum. Das von den Kanalstrahlen selbst emittierte Linienspektrum zeigt den Doppler-Effekt, wenn die Richtung der Beobachtung in bezug auf die Richtung der Kanalstrahlen variiert wird. Die Intensität des von diesen emittierten Linienspektrums wächst rasch mit der Geschwindigkeit. Nach Analogie ist zu vermuten, daß auch die α-Strahlen selbst als sehr schnelle Kanalstrahlen ein charakteristisches Linienspektrum emittieren, und zwar wird die Intensität der Strahlung des einzelnen α-Teilchens entsprechend seiner großen Translationsgeschwindigkeit sehr intensiv sein.

An den von α-Strahlen emittierten Spektrallinien wird der Doppler-Effekt auftreten. Senden gleichzeitig α-Strahlen von allen möglichen Geschwindigkeits-Richtungen Licht durch den Spalt zum Beobachter, so müssen diesem die Spektrallinien nach beiden Seiten stark verbreitert erscheinen. Es sei die Geschwindigkeit der α-Strahlen gleich $1{,}5 \cdot 10^9$ cm/sec; sie mögen in bezug auf den Beobachter ruhend eine Linie $\lambda = 4500$ Å emittieren. Infolge des Doppler-Effektes wird dann diese Linie unter der gemachten Annahme auf 900 Å verbreitert erscheinen.

Um die Lichtemission der α-Strahlen selbst spektralanalytisch nachweisen zu können, hat man der vermutlich äußerst geringen Intensität dieser Emission Rechnung zu tragen und folgende drei Forderungen zu erfüllen. Erstens muß man während der Expositionsdauer möglichst viele α-Strahlen zur Wirkung auf den Spektralapparat bringen, indem man einen rasch sich umwandelnden, α-Strahlen aussendenden Körper wählt und alle dessen Strahlen ausnützt; man muß demnach eine α-Strahlen aussendende Emanation als Quelle für die α-Strahlen nehmen; es kommt nur die Radiumemanation in Betracht.

Zweitens muß man mehr Licht von den normal zur Beobachtungsrichtung verlaufenden α-Strahlen in den Spektralapparat leiten, als Licht von den α-Strahlen, welche in der Beobachtungsrichtung eine beträchtliche Geschwindigkeit besitzen; dann erhalten die Spektrallinien der α-Strahlen in ihrer Mitte die größte Intensität und eine viel geringere Intensität in der Verbreiterung. Dieser Forderung wird genügt, indem man die Radiumemanation in eine etwa 0,1 mm weite Kapillare einschließt und diese senkrecht zur Richtung der Beobachtung stellt; die in der Richtung der Kapillare laufenden Strahlen können dann während einer längeren Zeit Licht in den Spektralapparat senden als die normal zu ihr verlaufenden α-Strahlen.

Drittens muß das von den α-Strahlen in der Kapillare emittierte Licht in möglichst großer Intensität dem Spektralapparat zugeführt werden. Dies geschieht, indem man den gewöhnlichen Spalt von dem Spektralapparat entfernt und ihn durch die leuchtende Kapillare ersetzt, also diese selbst als Spalt benützt.

Zu der hier skizzierten Methode ist noch folgendes zu bemerken. Die Radiumemanation werde einer größeren Menge Radiumsalz entzogen und von Beimischungen gereinigt, wie es Ramsay und Soddy gemacht haben. Sie werde in der an einer *Hg*-Pumpe sitzenden Kapillare bis auf eine Länge von 3 mm komprimiert; alle 4 Tage werde sie während der Expositionsdauer erneuert.

Gelingt es, die Lichtemission der α-Strahlen selbst spektralanalytisch nachzuweisen, so ist zunächst die Frage entschieden, ob die α-Teilchen Wasserstoff- oder Heliumionen sind. Weiter lassen sich die zwei folgenden wichtigen Fragen beantworten.

Die spez. Ladung oder das Verhältnis ε/μ der α-Strahlen ist nach den letzten Messungen Rutherfords [1]) ziemlich genau bestimmt. Ist darum spektralanalytisch festgestellt, daß die α-Strahlen Ionen von Wasserstoff, Helium oder von einem anderen chemischen Element sind, so läßt sich ermitteln, ob die Masse des α-Teilchens bei der großen Translationsgeschwindigkeit ebenso groß ist, wie bei kleinen Translationsgeschwindigkeiten. Mit der großen Translationsgeschwindigkeit ist ja wahrscheinlich eine Vermehrung der inneren Energie des α-Teilchens sowie eine dieser entsprechende intensive Lichtemission verbunden. Es ist zu fragen und zu untersuchen, ob dadurch nicht eine Änderung der Masse des α-Teilchens bedingt wird.

Die α-Strahlen stellen einen materiellen Körper dar, der eine Translationsgeschwindigkeit v besitzt, welche an die Geschwindigkeit c des

1) J. Stark, diese Zeitschr. **6**, 892, 1905; **7**, 251, 1906. Die ausführliche Mitteilung meiner Untersuchungen über die Lichtemission der Kanalstrahlen wird in einem der nächsten Hefte der Annalen der Physik erscheinen.

1) E. Rutherford, Phil. Mag. **12**. 348, 1906.

Lichtes hinanreicht; das Verhältnis $\frac{v^2}{c^2}$ besitzt für sie den Wert $2{,}5 \cdot 10^{-3}$. Bei ihnen dürfen wir darum hoffen, untersuchen zu können, in welchem Maße die Perioden und somit die Kräfte der Eigenschwingungen des in Translation begriffenen Körpers eine Funktion des Verhältnisses $\frac{v^2}{c^2}$ sind, ob nämlich die Spektrallinien der α-Strahlen eine Verschiebung zeigen, welche abhängt von $\frac{v^2}{c^2}$.

(Eingegangen 2. November 1906.)

Zeeman-Effekt an Mangan und Chrom.

Von William Miller.

In den letzten Jahren wurde an einer Reihe von Elementen der Zeeman-Effekt untersucht. Diese Untersuchungen sind deshalb so wichtig, weil sie uns möglicherweise erlauben, eventuell vorhandene Linienserien zu erkennen. Bekanntlich hat Th. Preston zuerst die Regel ausgesprochen, daß innerhalb einer Spektralserie der Zeeman-Effekt, in Schwingungsdifferenzen ausgedrückt, konstant ist und Runge und Paschen haben an Quecksilber die Gültigkeit dieser Regel bestätigt. Die vorliegende Untersuchung bezweckt, den Zeeman-Effekt an Mangan und Chrom bei möglichst vielen Linien zu studieren. Außerdem wurden die ersten Nebenserien von *Mg*, *Ca*, *Sr*, *Zn* und *Cd* untersucht. Über die Ergebnisse dieser letztgenannten Elemente, sowie über Einzelheiten der Versuchsanordnung werde ich später an anderer Stelle berichten.[1])

In einem Magnetfelde von ca. 27000 C.G.S.-Einheiten wurde ein Induktionsfunke mit Salzen der fraglichen Elemente gefärbt, und sein Bild mit einer Quarzlinse auf den Spalt einer großen Rungeschen Konkavgitteraufstellung entworfen. Auf diese Art war es möglich, Photogramme der Spektren mehrerer Ordnungen gleichzeitig zu erhalten. Der Polarisationszustand der Komponenten wurde durch ein Kalkspatprisma bestimmt, das zwischen Magnet und Quarzlinse eingeschaltet werden konnte. Ich lasse die Resultate an Mangan und Chrom folgen. In den Tafeln sind die größeren Intensitäten durch größere Zahlen wiedergegeben[2]), alle Effekte sind auf ein Feld von 23850 C.G.S.-Einheiten reduziert, bei dem Runge und Paschen Quecksilber untersucht haben.

1) Siehe auch diese Zeitschrift **6**, 891, 1905.

2) An einigen Stellen ist die mittlere Komponente mit Intensität 0 bezeichnet, was bedeutet, daß diese Komponente auf polarisierten Platten existiert, auf unpolarisierten aber ganz fehlt.

Mangan.

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlänge im magnetischen Felde parall	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		4,049	4	+329	−1,41	
4823,72	3,720		0	0	0	Etwas diffus.
		3,390	4	−330	+1,42	
		4,044	2	+434	−2,12	
4783,61	3,610		1	0	0	
		3,176	2	−434	+2,11	
		6,865	2	+265	−1,17	
4766,60	6,600		< 2	0	0	
		6,334	2	−266	+1,17	
		6,226	1	+226	−1,00	
4766,00	6,000		1	0	0	
		5,773	1	−227	+1,00	
		2,887	2	+.87	−1,26	
4762,60	2,600		1	0	0	
		2,313	2	−287	+1,27	
		4,617	2	+387	−1,71	
4754,23	4,230		1	0	0	
		3,843	2	−387	+1,71	
		2,730	1	+330	−1,62	
4502,40	2,400		1	0	0	
		2,070	1	−330	+1,63	
		9,415	1	+325	−1,60	
4499,09	9,090		1	0	0	
		8,765	1	−325	+1,61	
		0,664	1	+394	−1,95	
4490,27	0,270		1	0	0	Etwas schwach.
		9,875	1	−395	+1,96	
4473,00						Nicht zerlegt und auch nicht verbreitert.
		0,609	1	+259	−1,29	
4470,35	0,350		1	0	0	
		0,090	1	−260	+1,30	
		5,164	2	+294	−1,47	Mittlere Komponente nach etwas Violett verschoben.
4464,87	4,870		> 1	0	0	
		4,576	2	−294	+1,48	
		2,502	4	+272	−1,36	
4462,23	2,230		0	0	0	Unscharf.
		1,958	5	−272	+1,37	
		1,621	> 2	+321	−1,61	
4461,30	1,300		0	0	0	
		0,978	2	−322	+1,62	
		3,594	1	+404	−2,03	
4453,19	3,190		1	0	0	Etwas schwach.
		2,786	1	−404	+2,04	
		2,115	3	+305	−1,54	Nicht ganz systematisch.
4451,81	1,810		2	0	0	
		1,505	3	−305	+1,54	
		6,837	2	+317	−1,61	
4436,52	6,520		2	0	0	
		6,202	2	−318	+1,62	
		5,345	2	+315	−1,61	
4415,03	5,030		> 1	0	0	
		4,715	2	−315	+1,62	
		1,609	3	+289	−1,57	
4281,32	1,320		0	0	0	
		1,031	3	−289	+1,58	
		6,409	1	+289	−1,57	
	6,281		1	+161	−0,89	
4266,12						Etwas schwach.
	5,958		1	−162	+0,89	
		5,831	1	−289	+1,58	

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlänge im magnetischen Felde parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
	8,154		1	+294	−1,62	Schwach.
		8,126		+266	−1,47	
4257,86						Komponenten auf nicht polarisierten Platten verschwommen.
	7,566	7,594	1	−266	+1,47	
				−294	+1,62	
		5,672	10	+242	−1,29	
4235,43	5,430		0	0	0	
		5,188	10	−242	+1,30	
		4,048	3	+278	−1,67	
4083,77	3,770		<1	0	0	
		3,491	3	−279	+1,67	Mit verkleinertem Felde gemessen.
		3,382	3	+272	−1,63	
4083,11	3,110		<1	0	0	
		2,838	3	−272	+1,64	
		9,673	2	+273	−1,63	
4079,40	9,400		0	0	0	
		9,126	2	−274	+1,64	
		1,068	1	+598	−3,61	
4070,47	0,470		<1	0	0	
		9,871	1	−599	+3,61	
		4,014	3	+294	−1,78	
4063,72	3,720		1	0	0	
		3,425	3	−295	+1,79	
		9,315	3	+205	−1,24	Auf einer Platte scheint es noch zwei Komponenten zu geben, aber zu schwach zu messen.
	9,256			+146	−0,89	
4059,11						
	8,965		3	−145	+0,88	
		8,904		−206	+1,25	
		5,983	4	+283	−1,72	Mittlere Komponente nach Violett verschoben.
4055,70	5,700		1	0	0	
		5,417	4	−283	+1,72	
		9,151	2	+261	−1,59	Mittlere Komponente nach Violett verschoben.
4048,89	8,890		1	0	0	
		8,629	3	−261	+1,60	
		1,796	5	+276	−1,69	
4041,52	1,520		1	0	0	
		1,244	4	−276	+1,69	
		6,146	4	+266	−1,63	Etwas unsymmetrisch.
4035,88	5,880		1	0	0	
		5,614	2	−266	+1,64	
		4,942	5	+302	−1,85	
4034,64	4,640		<1	0	0	Diffus.
		4,338	5	−302	+1,85	
		3,576	10	+346	−2,12	
4033,23	3,230		2	0	0	
		2,884	10	−346	+2,12	
		1,166	10	+246	−1,51	
4030,92	0,920		0	0	0	Diffus.
		9,674	10	−246	+1,52	
		8,567	4	+257	−1,59	Mittlere Komponente nach Violett verschoben.
4018,31	8,310		1	0	0	
		8,052	2	−258	+1,60	
		3,829	3	+179	−1,22	
3823,65	3,650		0	0	0	
		3,472	3	−178	+1,22	
		9,966	3	+236	−1,62	
3809,73	9,730		0	0	0	
		9,494	3	−236	+1,63	

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlänge im magnetischen Felde parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		7,090	2	+190	−1,31	Auf einer nicht-polarisiert. Platt. sieht es wie ein Duplett aus. Mit senkr. Schwingungen unterdrückt ist es einfach.
3806,90	6,900		4	0	0	
		6,709	2	−191	+1,32	
		0,585		+195	−1,36	
3790,39	0,390			0	0	Schwach.
		0,194		−196	+1,36	
		0,753		+303	−2,32	
3610,45	0,450			0	0	Schwach.
		0,147		−303	+2,32	
		8,869		+239	−1,84	
3608,63						Schwach.
		8,370		−240	+1,84	Nur auf senkr. Platten erhalten.
		7,937		+247	−1,90	
3607,69						Schwach.
		7,442		−248	+1,90	Nur auf senkr. Platten erhalten.
		8,211		+181	−1,41	
3578,03	8,030			0	0	Schwach.
		7,849		−181	+1,41	
		2,361		+161	−1,36	
3442,20						Schwach.
		2,038		−162	+1,37	Nur auf senkr. Platten erhalten.

Die Gruppen 4458,46, 4457,74, 4457,24 und 4456,00, 4455,51, 4455,20 konnten nicht vermessen werden weil sie sich gegenseitig überlagern. 4239,91 und 3844,19 zeigen je eine einfache Linie senkrecht und je ein sehr enges Duplett parallel polarisiert, das aber so lichtschwach ist, daß es nicht gemessen werden konnte. 3841,26 ist verbreitert aber nicht getrennt.

Chrom.

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlängen in magnetischen Felde. parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		8,978	3	+ 378	− 1,39	
5208,60	8,600		6	0	0	
		8,222	3	− 378	+ 1,40	
		6,764	2	+ 564	− 2,08	
5206,20	6,200		4	0	0	
		5,635	2	− 565	+ 2,09	
		5,215	2	+ 505	− 1,87	
5204,71	4,710		4	0	0	
		4,205	2	− 505	+ 1,86	
		2,562	1	+ 262	− 1,21	
4652,30	2,300		2	0	0	
		2,039	1	− 261	+ 1,21	

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlängen im magnetischen Felde parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		6,583	1	+283	−1,31	
4646,30	6,300		3	0	0	
		6,017	1	−283	+1,31	
		6,763	1	+463	−2,16	
	6,534		1	+234	−1,09	
4626,30						
	6,065		1	−235	+1,10	
		5,836	1	−464	+2,17	
		6,695	1	+395	−1,85	
	6,430		1	+130	−0,61	
4616,30						
	6,171		1	−129	+0,60	
		5,904	1	−396	+1,86	
		1,281	1	+361	−1,70	
4600,92	0,920		2	0	0	
		0,558	1	−362	+1,71	
		2,026		+436	−2,07	
4591,59	1,590			0	0	schwach
		1,153		−437	+2,07	
		0,615		+375	−1,79	
4580,24	0,240			0	0	schwach
		9,864		−376	+1,79	
		6,558	1	+428	−2,07	
4546,13	6,130		3	0	0	
		5,703	1	−427	+2,07	
						Triplett, aber die seitliche Komponente nach Rot ist so schwach, daß es nicht zu messen ist.
4535,9						
4530,9			6			Unscharf. Nicht zerlegt.
		6,949	1	+ 299	−1,46	
4526,65	6,650		2	0	0	
		6,351	1	−299	+1,46	
		7,311	2	+281	−1,39	
4497,03	7,030		4	0	0	
		6,750	2	−280	+1,38	
		5,437	2	+297	−1,55	
4385,14	5,140		2	0	0	
		4,842	2	−298	+1,55	
		1,739		+279	−1,46	
4371,46	1,460			0	0	
		1,181		−279	+1,46	
		0,059		+259	−1,36	
	9,982			+182	−0,96	
4359,80						Diffus.
	9,617			−183	+0,96	
		9,542		−258	+1,36	
		2,215	2	+245	−1,29	
4351,97	1,970		5	0	0	
		1,725	2	−245	+1,30	
		1,387		+167	−0,88	
4351,22	1,220			0	0	
		1,052		−168	+0,89	
		4,917	2	+227	−1,20	
4344,69	4,690		4	0	0	
		4,463	2	−227	+1,21	
		9,813		+213	−1,13	Die seitliche Komponente nach Rot ist etwas stärker als die andere.
4339,60	9,600			0	0	
		9,387		−213	+1,13	

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlängen im magnetischen Felde parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		0,238	10	+348	−1,89	
4289,89	9,890		20	0	0	
		9,542	10	−348	+1,89	
		5,346	10	+396	−2,17	
4274 95	4,950		20	0	0	
		4,555	10	−395	+2,16	
		4,796	15	+296	−1,64	
4254,50	4,500		30	0	0	
		4,203	15	−297	+1,64	
3984,09						Nicht zerlegt und nicht verbreitert.
		7,145	2	+315	−1,99	
	7,012		2	+182	−1,15	
3976,83						
	6,648		2	−182	+1,15	
		6,515	2	−315	+1,99	
		0,050		+130	−0,82	Wenn die parallelen Schwingungen unterdrückt sind, scheint es nur eine senkrechte Komponente zu geben. Sie ist etwas von einer schwächeren Linie überdeckt.
3969,92	9,920			0	0	
	9,790			−130	+0,83	
		4,078	2	+198	−1,26	Ohne senkrechten Schwingungen gibt es nur eine einzige Komponente, aber mit beiden Polarisationszuständen scheint es, als ob es ein Quadruplett sei. Ich halte es für eine Umkehruug der mittleren Komponente.
3963,88	3,880		4	0	0	
		3,682	2	−198	+1,26	
		1,924		+264	−1,20	
3941,66	1,660			0	0	
		1,396		−264	+1,20	
		9,057		+257	−1,66	
3928,80	8,800			0	0	
		8,543		−257	+1,67	
		1,456		+256	−1,67	
3921,20	1,200			0	0	
		0,943		−257	+1,67	
		9,613	2	+253	−1,14	
3919,36	9,360		4	0	0	
		9,107	2	−253	+1,15	
		6,623		+213	−1,39	
3916,41	6,410			0	0	Schwach.
		6,197		−213	+1,39	
		9,160	1	+250	−1,63	
3908,91	8,910		2	0	0	
		8,660	1	−250	+1,64	
		3,358	1	+268	−1,76	
3903,09	3,090		2	0	0	Schwach.
		2,822	1	−268	+1,76	
		4,470	1	+260	−1,71	
3894,21	4,210		2	0	0	Schwach.
		3,950	1	−260	+1,72	
		7,220	1	+250	−1,65	
3886,97	6,970		2	0	0	
		6,721	1	−249	+1,65	
		5,640	1	+250	−1,66	
3885,39	5,390		2	0	0	
		5,139	1	−251	+1,66	
		3,732	1	+252	−1,67	
3883,48	3,480		2	0	0	
		3,227	1	−253	+1,68	

Ungestörte Wellenlänge	Wellenlängen im magnetischen Felde: parall.	senkr.	Intensität	$\Delta\lambda$	$-\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2}$	Bemerkungen
		5,241		+241	−1,66	
3805,00	5,000			0	0	
		4,759		−241	+1,67	
		4,269		+209	−1,46	
3744,06	4,060			0	0	
		3,850		−210	+1,46	
		5,726	5	+246	−1,89	
3605,48	5,480		10	0	0	
		5,234	5	−246	+1,90	
		3 908	5	+278	−2,15	
3593,63	3,630		10	0	0	
		3,353	5	−277	+2,15	
		9,016	5	+206	−1,61	
3578,81	8,810		10	0	0	
		8,603	5	−207	+1,61	
		1,518		+188	−1,60	Schwach. Nur die senkrechten Schwingungen sind erhalten worden.
3421,33						
		1,142		−188	+1,61	
		3,688		+198	−1,71	
3403,49	3,490			0	0	Schwach.
		3,292		−198	+1,71	

3991,3 und 4337,75 sind verbreitert, aber nicht ganz getrennt.

Bei einer genaueren Durchmusterung der Tafeln sieht man, daß einzelne Effekte sehr häufig wiederkehren. Recht auffallend ist die Analogie zwischen den beiden für Chrom charakteristischen Gruppen:

		$\Delta\lambda/\lambda^2$
4289,9	3605,5	1,89
4274,9	3593,6	2,16
4254,5	3578,8	1,62

Die Arbeit wurde im neuen Physikalischen Institut in Göttingen ausgeführt. Ich möchte nicht versäumen, auch an dieser Stelle Herrn Prof. Runge und Herrn Geh.-Rat Prof. Voigt für das rege Interesse und alle Hilfe bei meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Göttingen, den 7. November 1906.

(Eingegangen 10. November 1906.)

Selbsttätiger Unterbrecher.

Von Chr. Ries.

Zwei dünne, runde Kohlenstäbchen, welche parallel zueinander im Abstande von ca. 1 cm liegen, werden mit dem pos. bezw. neg. Pol eines Akkumulators (ca. 8 Volt) verbunden. Legt man quer über die beiden Stäbchen ein drittes gleiches Stäbchen, so sieht man an den Kontaktstellen eine helle Leuchterscheinung und hört einen lauten Ton. Dieser beweist, daß hier periodische Vorgänge vorhanden sind. Schaltet man nun in die Stromleitung die primäre Spule eines Funkeninduktors (nachdem der Unterbrecher ausgeschaltet ist), so erhält man zwischen den Elektroden der sekundären Spule elektrische Funken in rascher Aufeinanderfolge. Der Apparat mit den 3 Kohlenstäbchen stellt also einen selbsttätigen Unterbrecher dar.

Verschiebt man nun das aufgelegte Stäbchen so weit, daß es fast mit der Mitte auf dem einen Stäbchen aufliegt, während es das andere nur mehr lose berührt, so treten die Funken nur mehr an dieser losen Berührungsstelle auf. Der erzeugte Ton wird dadurch bedeutend höher und die Unterbrechungen gehen viel rascher vor sich. Zugleich kann man beobachten, daß das Stäbchen äußerst rasche seitliche Schwingungen (senkrecht zu seiner Längsrichtung) ausführt.

Der Vorgang erinnert an das bekannte Trevelyaninstrument und dürfte auf Erwärmung und Ausdehnung bezw. Abkühlung und Zusammenziehung beruhen. Versuche im luftverdünnten Raum wurden nicht angestellt.

(Eingegangen 29. Oktober 1906.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 78. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU STUTTGART.

M. Trautz (Freiburg i. Br.), Beiträge zur Photochemie.

Die bisherigen Ansichten in der Photochemie ließen anscheinend eine isotherme Verzögerung chemischer Reaktionen durch Einstrahlung irgendeiner Lichtart nicht erwarten. Zwar hatte Chastaing im Jahre 1877 Versuche angestellt mit farbigem Licht, die auf Verzögerungen hinzudeuten schienen. Er ließ denselben Stoff in Lösung an der Luft sich oxydieren, das eine Mal im Dunkeln, das andere Mal im roten, endlich im violetten Licht, sorgte jedoch nicht dafür, daß die verglichenen Reaktionen mindestens bei jeweils gleichen thermometrischen Temperaturen verliefen. So fand er eine Anzahl Verzögerungen, doch ist die Methode, angesichts des enormen Einflusses von Temperaturänderung auf chemische Reaktionsgeschwindig-

keiten, wie ohne weiteres klar, viel zu roh, um den Ergebnissen Gewicht beizulegen. Von diesen Erwägungen geleitet, hat Ostwald in seinem Lehrbuch der allgemeinen Chemie die Resultate Chastaings ausdrücklich unterdrückt mit der Bemerkung, daß die Richtung einer Lichtreaktion nicht von der Farbe des Lichts abhänge, Nernst hat diese Versuche in seiner Theoretischen Chemie gar nicht erwähnt.

Die Wirkung des Lichtes, sagte man bisher, sei vergleichbar derjenigen von hohen Temperaturen, wo dies Licht als Temperaturstrahlung auftritt. Also könne Licht nur das Gleichgewicht verschieben oder dessen Erreichung beschleunigen, niemals sie verzögern.

Aber schon allein die bloße Tatsache der Verschiebbarkeit chemischer Gleichgewichte durch Änderung der Strahlung im System bei gleichbleibender thermometrischer Temperatur läßt die Möglichkeit einer Verzögerung isothermer chemischer Reaktionen durch Licht erwarten. Denn eine Gleichgewichtsverschiebung besteht in einer Veränderung des Verhältnisses der Geschwindigkeiten von Reaktion und Gegenreaktion. Wenn dies Verhältnis z. B. kleiner wird, so wächst der Anteil der Gegenreaktion. Und wenn wir zwei isotherme gleiche Systeme vor Erreichung ihres jeweiligen Gleichgewichts betrachten — das eine sei dunkel, das andere bestrahlt —, so wird beim einen schon früher die Gegenreaktion überwiegen, seine Reaktionsgeschwindigkeit wird kleiner sein, als die des anderen, wenn nur die Form des Reaktionsverlaufs dieselbe bleibt. Es scheint dann, als ob die Änderung der Strahlung, die ja in einer Verstärkung einiger Wellenlängen beruht, gewissermaßen der Gegenreaktion mehr treibende Kraft zugewendet, der Reaktion solche entzogen hätte. Man kommt so zu der Ansicht, daß die Gegenreaktion durch ein Spektrum, die Reaktion durch ein anderes beeinflußt wird. Und daß man diese Beeinflussungen beherrschen kann durch Änderung der Strahlung im einen oder anderen Sinne. Zusammen mit Herrn cand. F. Thomas habe ich die Bearbeitung dieser Frage unternommen und wir haben sowohl häufig isotherme Verzögerungen durch Licht erhalten, wie wir auch Beschleunigung und Verzögerung durch die Art des eingestrahlten Lichtes zu beherrschen vermochten.

In mit Hg-Manometer versehene Pipetten von genau gleichem Rauminhalt und gleicher Flüssigkeitsoberfläche wurde Sauerstoff gefüllt, dann ein kleiner, in allen Fällen gleicher Teil ($^1/_5$) des Sauerstoffs durch eine oxydable Lösung verdrängt, die Füllvorrichtung der Pipette abgeschmolzen und je 3 solcher Gefäße in eine Wasserwanne gehängt. Die eine Pipette war in Stanniol gehüllt, die andere stand in einem Glaszylinder mit Methylviolettlösung, die dritte umschloß ein mit Natriumbichromatlösung gefüllter Rubinglaszylinder. Das Ganze wurde bestrahlt mit Tageslicht. Die Pipetten wurden meist für Parallelversuche ausgewechselt, derart, daß die, in der die Reaktion am raschesten gegangen war, in den Mantel gesetzt wurde, der die langsamste Reaktion ergeben hatte usf. Vorversuche ergaben, daß die Temperatur in allen drei Gefäßen innerhalb $^1/_{20}{}^0$ stets gleich war, meist sogar innerhalb $^1/_{50}{}^0$, sowie daß die Versuche recht gut reproduzierbar waren. Die Druckschwankungen, die durch Temperaturvariationen in allen drei Gefäßen entstanden, wurden durch Reduktion auf Mitteltemperatur eliminiert. Die Buckel, die so in den Geschwindigkeitskurven blieben, ließen annähernde Schlüsse auf die Größe der Temperaturkoeffizienten der Reaktionen zu.

Aus der großen Reihe von Versuchen, die ausnahmslos Lichtempfindlichkeit ergaben, seien nur die folgenden erwähnt, zusammen mit Zahlen, die die in gleichen Zeiten umgesetzten Mengen angeben.

	violett	dunkel	rot
Na_2S	160	239	302
Cu_2Cl_2 ammoniakalisch	190	254	270
„ salzsauer	59	211	164
Pyrogallol alkalisch	27	23	194
Pyrogallol	55	70	77,5
Zerfall von H_2O_2	149	62	57
Oxydation von Benzaldehyd, ca.	350	20	15

Dadurch sind zum erstenmal einwandfrei die beiden folgenden Tatsachen bewiesen:

1. Es gibt bei gleicher thermometrischer Temperatur Verzögerungen von chemischen Reaktionen durch Licht.

2. Es gibt Reaktionen, deren Geschwindigkeit bei gleicher thermometrischer Temperatur durch Strahlung einer Art beschleunigt, durch solche anderer Art verzögert wird.

Die große Verbreitung dieser eben erwähnten Reaktionen macht wahrscheinlich, daß alle Reaktionen solche Abhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit von der Strahlung zeigen.

Es wird durch diese „Polarität" der Lichtwirkung begreiflich, weshalb so viele Reaktionen nicht lichtempfindlich zu sein scheinen, und es auch gegen weißes Licht kaum sind.

Physiologische Folgerungen drängen sich hier auf, z. B. hinsichtlich der Komplementärfarbenempfindung u. a. mehr.

Daß wir gerade Pyrogallol im roten Licht untersuchten, geschah deshalb, weil die glänzende Lumineszenz, die bei Oxydation von Pyrogallol auftritt, rote Farbe hat und es plausibel erscheint, daß jede Reaktion durch diejenige Strahlung beschleunigt wird, die sie selbst erzeugt.

Aus der Tatsache der Verzögerung chemischer Reaktionen durch Licht bestimmter Art ergibt sich eine Möglichkeit, das Wesen der optischen Sensibilierung hypothetisch zu erklären. Bekanntlich wird Bromsilbergelatine durch lichtunechte Farbstoffe i. allg. für solche Strahlen sensibiliert, welche nicht dem Absorptionsmaximum des Farbstoffs entsprechen. Nimmt man an, daß die nunmehr vom Farbstoff absorbierten Strahlen sonst verzögernd auf die Reduktion des Bromsilbers wirken, so wird die sensibilierende Wirkung begreiflich. Sie ist dann nicht eine Verstärkung der reduzierenden Lichtwirkung, sondern eine Vernichtung der die Reduktion hemmenden Strahlen. Man vergleiche hiermit die Existenz der phosphoreszenzvernichtenden Strahlen. Diese Betrachtung der Sensibilierung ist natürlich bis jetzt rein hypothetischer Natur, läßt aber experimentelle Prüfung zu.

Ich wende mich zu einem weiteren Ergebnis der hier festgehaltenen strahlungschemischen Auffassung.

Die einzige sichere Stütze für die völlige Wesensverschiedenheit gewöhnlicher und photochemischer Reaktionen lag bisher in der Tatsache, daß die Geschwindigkeit gewöhnlicher Reaktionen bei Temperatursteigerung um 10^0 auf das 2—3,5 fache wuchs, die photochemischer nur auf das 1,01—1,36 fache. Dies entstammt wahrscheinlich nur der Violettempfindlichkeit der beregten Reaktionen.

Es ist uns nämlich gelungen, lichtempfindliche Reaktionen zu finden, die in toto die gewöhnlichen Temperaturkoeffizienten 2—3,5 zeigten. So zeigte nach Angabe von Herrn Thomas Oxydation von Pyrogallol ca. 2,4 } rotempfindlich.
„ „ Na_2S „ 3,5 }

Eine Bestimmung des Temperaturkoeffizienten des photochemischen Anteils solcher Reaktionen wird ausgeführt.

(Eingegangen 15. September 1906.)

E. **Grüneisen** (Charlottenburg), **Über das Verhalten des Gußeisens bei kleinen elastischen Dehnungen.**

(Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichanstalt.)

Gußeisen gehört zu den technisch wichtigen Materialien, die schon bei verhältnismäßig schwachen Deformationen sich dem Hookeschen Gesetz von der Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung nicht mehr fügen. Zur Beschreibung des elastischen Verhaltens solcher Stoffe hat man eine größere Zahl von Formeln aufgestellt, die Herr Mehmke[1]) vor einigen Jahren im Zusammenhang diskutiert hat. Er kommt zu dem Resultat, daß eine von Herrn Schüle[1]) angegebene Exponentialformel

$$\varepsilon = \alpha \sigma^m$$

[ε = Dilatation, σ = Zug (Druck), α und m Konstanten], die besonders durch Anwendung auf die Messungen des Herrn Bach[2]) weite Verbreitung gefunden hat, im Vergleich mit anderen Formeln sehr gute Dienste im Bereich starker Doformationen leistet, d. h. also für technische Zwecke, für die sie auch aufgestellt wurde. Es fehlte aber noch die Prüfung in der Nähe des Nullpunktes, wo die Exponentialformel nicht in das Hookesche Gesetz übergeht, während man dies von vornherein für die wahre Beziehung zwischen Zug und Dehnung erwarten wird.

Zur Aufklärung dieser Frage hatten vor einigen Jahren Herr Kohlrausch und ich[3]) Biegungsversuche an einem dünnen Gußeisenstabe angestellt. Durch diese konnte zwar die Ungültigkeit der Schüleschen Exponentialformel bei schwachen Deformationen noch nicht nachgewiesen werden, wohl aber, daß eine andere, mit dem Hookeschen Gesetz vereinbare Gleichung

$$\varepsilon = a\sigma + b\sigma^3$$

dem Verhalten des Materials besser entsprach.

Den Anlaß, das elastische Verhalten des Gußeisens durch neue Versuche klarzustellen, gaben mir die Messungen, die ich zurzeit in der Reichsanstalt zur Bestimmung der elastischen Konstanten von Metallstäben ausführe. Der Elastizitätsmodul ist durchweg nach wenigstens zwei Methoden ermittelt, einmal aus Dehnungsmessungen mit Hilfe von Interferenzbeobachtungen, zweitens aus dem Grundton des transversal frei schwingenden Stabes. In beiden Fällen kommen nur sehr schwache Deformationen ins Spiel.

Nun befinden sich unter dem mir zur Verfügung stehenden Stabmaterial zwei Gußeisenstäbe, A und GK bezeichnet, welche Herr Bach früher der Reichsanstalt zur Bestimmung der thermischen Ausdehnung übergab. Er selbst hat an Proben aus dem gleichen Guß das elastische Verhalten bei starken Dehnungen festgestellt.[4]) Da nun meinen Dehnungsversuchen etwa 200mal schwächere Deformationen zugrunde liegen, so werden durch den Vergleich unserer beiderseitigen Versuche zwei außer-

1) R. Mehmke, Zeitsch. f. Math. u. Phys. **42**, 327—338, 1897.

1) C. Bach, Zeitschr. Ver. deutsch. Ing. **41**, 248, 1897.
2) C. Bach, Elastizität und Festigkeit, 4. Aufl. 1902, Einleitung.
3) F. Kohlrausch u. E. Grüneisen, Berl. Sitzungsber. 1901, 1086—1091.
4) Alle darauf bezüglichen Messungen, sowie die chemischen Analysen des Eisens siehe bei W. Dittenberger, Mitt. über Forsch.-Arb., Heft 9, S. 60—69, 1903; C. Bach, ebenda, S. 70—77.

ordentlich weit auseinanderliegende Belastungsgebiete für Stücke aus gleichem Guß in Beziehung gebracht.

Dabei ergibt sich kurz folgendes. Die Exponentialformel von Schüle verträgt, wie erwartet, keine Extrapolation nach kleinen Deformationen hin. Denn hier gewinnt das Hookesche Gesetz Geltung. Als ausreichender Ersatz erscheint nach meinen bisherigen Berechnungen eine früher schon von Herrn Hartig[1]) vorgeschlagene Gleichung:

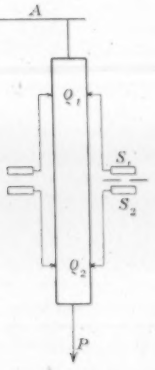
$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_0 - c\sigma.$$

In Worten: Der Elastizitätsmodul nimmt linear mit der Spannung ab. Dies Gesetz vermag z. B. auch die früher von Herrn Kohlrausch und mir für unsere Biegungsversuche benutzte Gleichung zu ersetzen, während letztere bei der Darstellung der heute zu besprechenden Versuche versagt.

Ich gehe nunmehr auf die Messungen ein.

Dehnungsversuche.

Die Gußeisenstäbe waren, wie die des Herrn Bach, aus den rohen Gußstangen auf 2 cm Durchmesser abgedreht und hatten eine Länge von 27,5 cm. Der Stab wurde nach Art der schematischen Skizze[2]) (Fig. 1) am oberen



Ende seiner Längsachse von einer dünnen Stahlsaite (0,55 mm Durchm.) getragen, die ihrerseits an einem Wandarm A befestigt war. Am unteren Ende der Stabachse greifen die Belastungsgewichte P wieder vermittels einer gleichen Stahlsaite an. Die Dauerbelastung betrug 5 kg, abgesehen von der hier nicht in Betracht gezogenen Belastung von etwa 0,6 kg durch das Eigengewicht des Stabes und der Gewichtsschale. Die Zusatzbelastungen betrugen bis etwa 25 kg, da der Apparat nicht stärker beansprucht werden konnte.

Die Dehnung des Stabes ist bei diesen verhältnismäßig geringen Belastungen von der Größenordnung der Lichtwellenlängen und wird zwischen zwei etwa 16 cm voneinander entfernten Querschnitten Q_1, Q_2 des Stabes optisch nach dem Interferenzprinzip gemessen. Dazu ist mit jedem Querschnitt eine von zwei planen, durchsichtig versilberten, spiegelnden Glasflächen S_1, S_2 starr verbunden und zwar so, daß diese sich in horizontaler Lage mit nur 2 bis 3 mm Luftabstand parallel gegenüberstehen. Schickt man durch die so begrenzte planparallele Luftschicht parallel gemachtes, monochromatisches Licht, so entstehen bekanntlich für das auf Unendlich eingestellte Auge oder Fernrohr Haidingersche Interferenzringe.[1])

An diesen macht sich nun aber jede Parallelverschiebung der Querschnitte Q_1 und Q_2 gegeneinander bezw. die gleich große Abstandsänderung der Spiegelflächen S_1 und S_2 durch Hervorquellen oder Versinken der Ringe bemerkbar. Die Beobachtung der Ringverschiebung läßt sich am besten in der Weise ausführen, daß man diejenigen Belastungen P ermittelt, welche das Ringbild um eine ganze Anzahl von Ringen verschieben, so daß es seine vorige Gestalt wiedergewinnt. So ist es möglich, die einem Ringe entsprechende Belastung auf etwa 1 Proz. sicher zu bestimmen.

Einem Ringe entspricht bei dem benutzten Lichte der grünen *Hg*-Linie eine Verlängerung der etwa 16 cm betragenden Meßlänge um eine Halbwelle oder $27{,}3 \cdot 10^{-6}$ cm, also eine Längsdilatation von $1{,}7 \cdot 10^{-6}$. Den hundertsten Teil dieser Größe, also $1{,}7 \cdot 10^{-8}$, halte ich noch für sicher beobachtet.

Bei der Dehnung der Stäbe treten unvermeidliche Biegungen auf, die, wie leicht ersichtlich, zur gemessenen Abstandsänderung der Spiegelflächen einen Beitrag liefern können. Sie werden aber eliminiert durch Beobachtungen an zwei zur Stabachse symmetrisch gelegenen Spiegelflächenpaaren die nach einer halben Umdrehung des Stabes um seine Achse nacheinander an derselben feststehenden Blende zur Wirksamkeit kommen.

Wegen des erheblichen Querschnitts der Gußeisenstäbe A und GK und der notwendigen Beschränkung auf Belastungen bis etwa 25 kg habe ich nur Verschiebungen bis zu 4 oder 5 Ringen beobachten können. Eine Abweichung

1) E. Hartig, Der Zivilingenieur **39**, 113—138, 425—472, 1893; siehe auch Föppl, Vorl. über techn. Mechanik **3**, Festigkeitslehre, S. 54.

2) Eine ausführliche Beschreibung des Apparats wird an anderer Stelle erfolgen.

1) Vgl. z. B. O. Lummer, Müller-Pouillets Lehrbuch, 9. Aufl., **2** [1], § 349, 1897.

vom Hookeschen Gesetz war bei diesen Versuchen noch nicht nachzuweisen. Elastische Nachwirkung war nicht bemerken.

Das Resultat meiner Messungen kann ich daher kurz in folgender Tabelle (1) zusammenfassen, in welcher der Querschnitt Q, die Meßlänge L und deren Verlängerung ΔL für 1 kg Belastung, gemessen in Halbwellen des grünen Quecksilberlichtes, verzeichnet ist. Daraus folgt nach dem Hookeschen Gesetz der Elastizitätsmodul $E_{stat.}$

Tabelle 1.

Eisen	Q cm²	L cm	ΔL 0,04273 cm	$10^{-2}\,E_{stat.}$ kg/cm²	$10^{-2}\,E_{akust.}$ kg/cm²
GK	3,1734	16,425	0,1798	10540 (17,3°C)	10510 (19°C)
A	3,1497	16,315	0,1428	13290 (16,4°)	13480 (18°)

Akustische Methode.

Die Grundtöne der freien transversalen Eigenschwingungen der Stäbe wurden erzeugt, indem man die Stäbe an den beiden Knoten in Fadenschlingen horizontal aufhing und in der Mitte mit einem Gummiball leicht anschlug. Als Schwingungszahlen der hinreichend anhaltenden Töne ergaben sich für *GK* 894, für *A* 1000 Schw./Sek. Mit diesen berechnet man nach der bekannten Theorie der Transversalschwingungen [1]) die Elastizitätsmoduln $E_{akust.}$ in Tab. 1, also Zahlen, welche mit denen aus den statischen Messungen ziemlich gut übereinstimmen. [2])

Um hieraus für den Zweck der vorliegenden Untersuchung Schlüsse zu ziehen, hat man noch festzustellen, von welcher Größenordnung die Dilatationen und Kontraktionen sind, die der akustischen Bestimmung des Elastizitätsmoduls zugrunde liegen.

Dazu habe ich die Amplitude der Schwingung beim Verhallen des Tons zu schätzen gesucht, indem ich auf den Stab eine so kleine, aber meßbare mechanische Energie übertrug, daß sein Grundton eben hörbar erklang. Aus der Energie berechnet sich die Amplitude und das Dehnungsverhältnis der Stabfasern. Der Stab *A* wurde z. B. zu noch gut hörbarem Tönen gebracht, wenn die 15 mg schwere Stahlkugel eines Fadenpendels von 20 cm Länge aus $^1/_2$ cm Entfernung senkrecht gegen die Staboberfläche fiel, die sie in der Ruhelage gerade berührte.

Wenn auch die Kugel nur einen Teil ihrer kinetischen Energie auf den Stab übertragen hat, während der übrige Teil in ihrer rückkehrenden Bewegung erhalten blieb, und obwohl nur ein Teil der vom Pendel abgegebenen Energie in der Schwingung des Grundtons enthalten ist, so können wir doch, um eine obere Grenze für die Stabamplitude zu berechnen, annehmen, die Energie der Grundschwingung sei gleich der ursprünglichen des Pendels. Ich gebe hier nur das Resultat der Rechnung an. Es beträgt die Gesamtenergie der Schwingung 0,18 Erg,

die Amplitude der Stabmitte $+4{,}7 \cdot 10^{-6}$ cm,
„ „ „ Stabenden $-7{,}7 \cdot 10^{-6}$ cm.

Das Dehnungsverhältnis in der Stabmitte für die äußersten Oberflächenfasern, also die maximale im Stabe vorkommende Deformation, berechnet sich zu $1{,}8 \cdot 10^{-7}$, entsprechend der Verschiebung von $^1/_{10}$ Interferenzring bei den statischen Versuchen.

Also ist beim Ausklingen des Stabtons das mittlere Dehnungsverhältnis sicher unterhalb dieser weitgesteckten oberen Grenze geblieben. Dagegen mag es sie unmittelbar nach dem Anschlagen des Tons überschritten haben. Man wird daher sagen dürfen, daß bei der akustischen Bestimmung die Deformationen von gleicher Größenordnung oder kleiner sind als bei der statischen. Damit stimmt überein, daß eine Änderung der Tonhöhe beim Ausklingen nicht wahrnehmbar ist, der Elastizitätsmodul also noch als unabhängig von der Größe der Deformation gelten kann.

Nunmehr dürfte auch der Schluß gerechtfertigt sein, daß der Elastizitätsmodul für Zug bei kleinen Deformationen gleich dem für Druck wird [1]), denn daraus erklärt sich am einfachsten die Gleichheit der $E_{stat.}$ und $E_{akust.}$ (Tab. 1.)

Vergleich mit Bachs Versuchen.

Herrn Bachs Messungen beziehen sich, wie gesagt, auf Material aus demselben Guß. Sie sind in Tab. 2 und 3 mit meinen Messungen zusammengestellt.

Tabelle 2.

Gußeisen *GK*.

	1 σ kg/cm²	2 $10^6 \cdot \Delta\varepsilon$ beob.	3 $10^6 \cdot \Delta\varepsilon$ ber. 1	4 $10^6 \cdot \Delta\varepsilon$ ber. 2	5 $10^{-2} \cdot E$ beob.	6 $10^{-2} \cdot E$ ber. 1a
Grüneisen	0	—	—	—	—	10603
	1,576	Ausgangsbelastung	—	—	—	10588
	3,457	1,79	1,78	0,09	—	10571
	5,332	3,56	3,55	0,22	10540	10554
	7,215	5,33	5,34	0,39	(17,3°C)	10536
	9,042	7,09	7,08	0,58	—	10520
Bach	159,2	Ausgangsbelastung	—	—	—	9133
	—	—	—	—	7500	—
	477,7	425	421	425	—	6193
	—	—	—	—	4610	—
	796,2	1115	1118	1115	—	3253
	1114,6	(2077)	3651	2030	—	—

1) Vgl. hierzu Bach, Elastizität und Festigkeit, 4. Aufl.

1) Vgl. z. B. Lord Rayleigh, Theorie of Sound, 2. Ed., Vol. 1, Ch. 8, 1894.

2) Der 1,4 Proz. betragende Unterschied bei *A* dürfte zum Teil sich aus der ungenauen Bestimmung der Schwingungszahl erklären, da der Stab zwei Grundtöne besitzt, die miteinander etwa 9 Schwebungen geben.

Tabelle 3.
Gußeisen *A*.

	1 σ kg/cm²	2 $10^6 . \Delta\varepsilon$ beob.	3 $10^6 . \Delta\varepsilon$ ber. 1	4 $10^6 . \Delta\varepsilon$ ber. 2	5 $10^{-2} . E$ beob.	6 $10^{-2} . E$ ber. 1a
Grüneisen	0	—	—	—	—	14019
	1,587	Ausgangsbelastung	—	—	—	14011
	4,049	1,84	1,76	0,32	13290	13999
	6,467	3,68	3,49	0,72	(16,4° C	13986
	8,893	5,50	5,22	1,18		13974
Bach	159,2	Ausgangsbelastung	—	—		13215
	—	—	—	—	12740	—
	477,7	250	257	239	—	11607
	—	—	—	—	10520	—
	796,2	553	553	551	—	9998
	—	—	—	—	9150	—
	1114,6	901	899	914	—	8390
	—	—	—	—	7560	—
	1433,1	1322	1321	1318	—	6782
	1751,6	1862	1857	1757	—	5173

Neben den Spannungen σ (kg/cm²) finden Sie die diesen entsprechenden elastischen oder „federnden" Längsdilatationen $\Delta\varepsilon$, gemessen von der jeweiligen Ausgangsbelastung an. Kolumne 5 zeigt die starke Änderung des beobachteten Elastizitätsmoduls mit der Spannung. Für meine Versuche ist nur der aus Tab. 1 entnommene Mittelwert angegeben, während Herr Bach den Modul für jede Belastungsstufe als Quotient von Spannungs- und Dehnungszunahme berechnet hat. Er gilt hier also für Spannungen, die etwa den Mittelwerten der aufeinanderfolgenden σ entsprechen.[1])

Die Kolumnen 3 und 4 dienen der Prüfung der Formeln von Hartig und Schüle. Kolumne 3 ist berechnet aus der Gleichung

$$\varepsilon = \frac{1}{c} \log \text{nat} \frac{E_0}{E_0 - c\sigma}, \qquad (1)$$

welche aus der oben erwähnten Form

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = E_0 - c\sigma \qquad (1a)$$

durch Integration folgt. Kolumne 4 ist berechnet aus

$$\varepsilon = a\sigma^m \qquad (2)$$

Für die Konstanten sind folgende Werte gesetzt:

Eisen	$10^{-2} . E_0$	c	$10^{-2} . \frac{1}{a}$ [1])	m [1])
GK . . .	10603	923	674170	1,691
A	14019	505	153250	1,371

S. 30, 1902, wo die Extrapolation der Formel $\varepsilon = a\sigma^m$ aus Zug- und Druckversuchen am gleichen Gußeisen zur entgegengesetzten Annahme verleitet.

1) Die bei Herrn Bach nicht angegebene Versuchstemperatur dürfte etwa 21° gewesen sein, also höher als bei mir. In Anbetracht der geringen Änderung des Elastizitätsmoduls mit der Temperatur kommt aber nicht viel darauf an.

2) Nach Bach.

Man sieht, daß die Schülesche Exponentialformel 2 nach kleinen Deformationen hin völlig versagt, die Hartigsche Formel 1 bei *GK* sehr gut stimmt[1]), bei *A* im ganzen auch den Verlauf gut darstellt. Allerdings gibt hier die den Bachschen Zahlen angepaßte Formel um 5 Proz. kleinere Dilatationen, als ich sie beobachtet habe. Entsprechend ist auch die Konstante der Formel

$$E_0 = 1401900$$

um 5 Proz. größer, als ich an meinem Stabe den Elastizitätsmodul nach zwei Methoden gefunden habe. Doch ist der Unterschied kaum größer, als er aus der Verschiedenheit der Materialproben erklärt werden kann.[2])

Nehmen wir einmal die Hartigsche Formel als wahren Ausdruck für das Verhalten des Gußeisens an, so zeigt sie, daß für mein Versuchsgebiet das Hookesche Gesetz innerhalb 1 Proz. gilt. Denn die nach Gleichung (1a) zu den σ gehörigen Elastizitätsmoduln (Kolumne 6, Tab. 2 und 3) unterscheiden sich um weniger als 1 Proz. von den Formelkonstanten E_0.

Schluß.

Das Verhalten des Gußeisens bei kleinen elastischen Dehnungen erweist sich also insofern als normal, als die Beziehung zwischen Spannung und Dehnung in das Hookesche Gesetz übergeht und der Elastizitätsmodul für Druck und Zug der gleiche wird.[3])

Wie weit das Gesetz (1a), daß der Elastizitätsmodul linear mit der Spannung sich ändert, allgemeinere Geltung besitzt, vermag ich nicht zu entscheiden. Auf Versuche an Metallen habe ich die Beziehung immer mit Erfolg angewendet, z. B. auch auf die von J. O. Thompson, wo sie freilich beim Messing der Thompsonschen Formel mit drei Konstanten erheblich unterlegen ist.

Da für technische Zwecke das Bedürfnis nach einer mathematischen Beziehung zwischen elastischer Dehnung und Spannung vorliegt, so wäre es jedenfalls mit Freude zu begrüßen, wenn eine solche gewählt werden könnte, die mit dem Verhalten des Materials bei schwachen Deformationen vereinbar ist.

1) Bach selbst klammert die letzte Zahl $\Delta\varepsilon$ ein, weil auf dieser Belastungsstufe trotz großer Zahl der Wechsel die Dehnung fortgesetzt wuchs.

2) Es sei hier bemerkt, daß die nähere Bezeichnung meiner Stabexemplare *GK* 3 und *A* 6 war, während die hier benutzten Zahlen von Bach für *GK* 3 und *A* 1 gelten. *A* 1 zeigte nach Bach Fehler im Material.

3) Den gleichen Schluß gestattet die Extrapolation der Hartigschen Formel, angewendet auf Bachs Zug- und Druckversuche am Gußeisen III (Elast. u. Festigkeit, 4. Aufl., S. 25 ff., 1902).

(Eingegangen 12. Oktober 1906.)

E. **Gehrcke und O. v. Baeyer** (Charlottenburg), **Über den Zeeman-Effekt in schwachen Magnetfeldern.**

Durch die Arbeiten von Voigt[1]) und Lorentz[2]) über die Theorie des Zeeman-Effektes hat in neuester Zeit die Beobachtung dieses Effektes in schwachen Magnetfeldern besonderes Interesse gewonnen. Erfordernis für solche Untersuchungen sind Spektralapparate von hohem Auflösungsvermögen, wie wir sie in der Form des Stufengitters und des Plattenspektroskops besitzen.

Die folgenden Untersuchungen sind mit dem Plattenspektroskop von Lummer und Gehrcke, und zwar nach der Methode der gekreuzten Platten durch Interferenzpunkte[3]) ausgeführt. Die Reichsanstalt hat in neuester Zeit eine vorzügliche Platte von A. Hilger, London, angekauft, deren Auflösungsvermögen wohl alle bisher hergestellten Stufengitter übertrifft. Da die Platte außerdem beinahe frei von sogenannten Geistern ist, so leistet sie für diese Zwecke unschätzbare Dienste. Aus den Dimensionen (Länge 30 cm, Dicke 1 cm, Breite 4 cm) ergibt sich für $\lambda = 0{,}5\ \mu$ das Auflösungsvermögen von rund 660000, während diese Größe bei den größten Stufengittern, wie sie zurzeit von Hilger hergestellt werden (33 Stufen, je 1 cm dick) nur 330000 beträgt. — Die Platte wurde mit einer von Häcke (Berlin) hergestellten 3 mm starken gekreuzt. Die Vorteile der Interferenzpunktmethode sind a. a. O.[3]) schon eingehend beschrieben, hier mag nur darauf hingewiesen werden, daß gerade bei vorliegender Untersuchung die Vergrößerung des Dispersionsgebietes, wie man sie durch Kreuzen einer dicken Platte mit einer dünnen erhält, von großem Nutzen ist. Ein Nachteil der Methode liegt in der Lichtschwäche der Erscheinung, wodurch beim Photographieren mehrstündige Expositionen erforderlich werden. Man könnte dies unter anderem dadurch verbessern, daß man bei der einen Platte nicht streifende Incidenz, sondern einen kleineren Einfallswinkel anwendet; hierdurch wird die Helligkeit außerordentlich gesteigert. Allerdings behalten bei dieser Anordnung die Punkte nicht die größtmögliche Schärfe. Wir haben deshalb bisher ausschließlich die a. a. O.[3]) beschriebene Methode der Kreuzung angewandt.

Um die Leistungsfähigkeit der obengenannten Plattenkombination zu zeigen, mögen zunächst einige Resultate über die Zerlegung der Quecksilberlinien hier Platz finden. Es stellte sich gegenüber unserer früheren Veröffentlichung[4]) und der Arbeit von Janicki[1]) heraus, daß manche Linien noch komplizierter gebaut sind, als damals angegeben. So fanden sich bei der Linie *Hg* 546 $\mu\mu$ 8 Trabanten (früher 5), bei *Hg* 436 $\mu\mu$ 9 (früher 7) Trabanten. Es muß hervorgehoben werden, daß diese neu auftretenden Trabanten (bis auf einen sehr lichtschwachen) in den früheren Arbeiten von Janicki und uns nicht etwa übersehen wurden, sondern erst bei dem jetzt erreichten Auflösungsvermögen an der neuen Hilgerschen Platte wahrgenommen werden konnten. Die alten Angaben von Lummer und Gehrcke werden hierdurch nicht berührt und bleiben nach wie vor korrekturbedürftig.[2])

Die Anordnung zur Bestimmung des Zeeman-Effektes war folgende. Das Licht einer kleinen, mit Quecksilber gefüllten Geißlerröhre, die sich im Magnetfelde befand, trat durch einen Nicol; der Strahl verlief $\perp$ den Kraftlinien. Das Gesichtsfeld im Beobachtungsfernrohr konnte durch eine Blende in zwei Teile geteilt werden. Auf dem einen Teile wurde die Erscheinung im Magnetfelde mit senkrecht zu den Kraftlinien polarisiertem Licht photographiert, auf dem anderen mit parallel den Kraftlinien polarisiertem Licht. Von den verschiedenen Quecksilberlinien sind besonders geeignet einzelne Trabanten der sogenannten Hauptlinien; da die letzteren verbreitert sind und sich im Magnetfelde mit den benachbart gelegenen Trabanten überlagern, ist eine Messung der Hauptlinien sehr ungenau.

Bei der Berechnung von $\frac{\varepsilon}{\mu}$ stützten wir uns auf die oben erwähnte Abhandlung von Lorentz, zu der uns Prof. Lorentz in überaus freundlicher Weise einige Ergänzungen brieflich mitgeteilt hatte.

Es ließ sich auf Grund dieser Angaben von Lorentz folgende allgemein gültige Formel ableiten:

$$\frac{\varepsilon}{\mu} = \frac{4\pi c}{H\lambda^2}\sqrt{\delta\lambda_1 \cdot \delta\lambda_2}$$ elektromagn. Einheiten, 1)

wo H Feldstärke,
λ Wellenlänge,
$\delta\lambda_1$ und $\delta\lambda_2$ die Wellenlängendifferenzen der äußeren gegen die mittlere Komponente des Tripletts.

Diese Formel unterscheidet sich von der alten einfachen Formel, welche Zeeman[3]) angeben hat, dadurch, daß an Stelle von $\delta\lambda$ hier $\sqrt{\delta\lambda_1 \cdot \delta\lambda_2}$ steht. Es wird nämlich bei Aufstellung der Bewegungsgleichung für das Elektron das von den anderen Elektronen herrührende Feld mit berücksichtigt.[4]) Außerdem ist

1) W. Voigt, Ann. d. Phys. (4) 1, 376—388, 1900.
2) H. A. Lorentz, Proc. Kon. Akad. van Wetensch. Amsterdam 1906, 591—611.
3) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, Ann. d. Phys. (4) **20**, 269—292, 1906.
4) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

1) L. Janicki, Ann. d Phys. (4) **19**, 36—79, 1906.
2) Vgl. E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.
3) P. Zeeman, Phil. Mag. (5) **43**, 233, 1897.
4) H. A. Lorentz, l. c.

die Annahme gemacht, daß auf jedem Molekül ein Elektron sitzt. Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich eine Unsymmetrie des Zeeman-Effektes, wie sie zuerst Voigt (l. c.) abgeleitet hat. Die Unsymmetrie $(\delta\lambda_2 - \delta\lambda_1)$ ist abhängig von der Anzahl N der Moleküle, aber nicht abhängig von H.

Nach der Theorie ist die Aufspaltung nach der Seite der kleineren Wellenlängen die größere. Aus der Voigtschen Theorie folgt außerdem, daß bei schwachen Feldern die Intensität der Komponente auf der Seite der größeren Wellenlänge größer ist als die der anderen Komponente, während bei Zunahme des Feldes die Intensitäten der beiden Komponenten allmählich gleich werden.

Aus der Unsymmetrie kann man auf Grund der Lorentzschen Theorie außer $\frac{\varepsilon}{\mu}$ auch $N.\varepsilon$ berechnen; es ergibt sich

$$N\varepsilon = \frac{H}{2\lambda c}\frac{\delta\lambda_1 - \delta\lambda_2}{\sqrt{\delta\lambda_1\,\delta\lambda_2}}$$ in elektrom. Einheiten. 2)

Aus unseren bisherigen Messungen ergaben sich folgende Werte für $\frac{\varepsilon}{\mu}$:

I. Grüne *Hg*-Linie 546 $\mu\mu$. Die Hauptlinie ist so breit und verwaschen, daß sie für die Messung nicht geeignet erscheint. Dafür sind einzelne, günstig gelegene Trabanten scharf und meßbar, nämlich

Trabant 1 von der Wellenlängendifferenz gegen die Hauptlinie $+ 0{,}9 \cdot 10^{-2}\,\mu\mu$,

Trabant 2 von der Wellenlängendifferenz gegen die Hauptlinie $- 0{,}7 \cdot 10^{-2}\,\mu\mu$,

Trabant 3 von der Wellenlängendifferenz gegen die Hauptlinie $- 2{,}4 \cdot 10^{-2}\,\mu\mu$.

$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$			Zugehörige Feldstärke (Gauß)
Trabant 1	Trabant 2	Trabant 3	
2,87	2,83	2,61	535
2,97		2,89	775
2,87		2,53	993
3,15			1158

II. Grüne *Hg*-Linie 491 $\mu\mu$. Dieselbe besitzt keine Trabanten.

$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Zugehörige Feldstärke (Gauß)
1,94	1160
2,03	

III. Blaue *Hg*-Linie 436 $\mu\mu$. Diese Linie besitzt eine große Zahl von Trabanten, von denen zwei für unseren Zweck geeignet waren. Die Hauptlinie ist sehr verwaschen und wurde deshalb nicht gemessen.

Trabant 1 von der Wellenlängendifferenz gegen die Hauptlinie $+ 1{,}2 \cdot 10^{-2}\,\mu\mu$,

Trabant 2 von der Wellenlängendifferenz gegen die Hauptlinie $- 1{,}7 \cdot 10^{-2}\,\mu\mu$,

der letztere Trabant zeichnete sich durch größere Schärfe aus.

$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$		Zugehörige Feldstärke (Gauß)
Trabant 1	Trabant 2	
2,17	2,17	775
2,42	2,27	993
2,55	2,16	1158
2,40	2,08	1265

Für $\frac{\varepsilon}{\mu}$ an Kathodenstrahlen fand S. Simon[1]) den Wert $1{,}865 \cdot 10^7$. Aus dem Zeeman-Effekt in starken Magnetfeldern sind meist, in Übereinstimmung mit unseren Messungen, größere Werte gefunden worden.[2]) Ferner ergeben sich, wie aus den mitgeteilten Zahlen ersichtlich ist, für die verschiedenen Linien sehr verschiedene Werte für $\frac{\varepsilon}{\mu}$.

Eine Unsymmetrie des Zeeman-Effekts, wie sie die Theorie vorausgesagt hat, konnte an den untersuchten Linien mit Sicherheit von uns noch nicht konstatiert werden. Die geringen Unsymmetrien, welche beobachtet wurden, lagen zum Teil nach Seiten der kürzeren Wellen, zum Teil aber auch nach den längeren Wellen hin, also in entgegengesetztem Sinne, als die Theorie verlangt. Sie dürften sich hauptsächlich durch Abweichung der Intensitätsverteilung der benutzten planparallelen Platte von der symmetrischen Form erklären lassen.

In den zur Verwendung kommenden Feldern von 1000 Gauß und darüber waren alle gemessenen Linien mit Ausnahme von λ 491 insofern anomal, als die mittlere Komponente des Triplets verbreitert oder sogar deutlich verdoppelt war. Daß λ 491 sich normal verhält, haben für ein starkes Feld von etwa 25000 Gauß bereits Runge und Paschen[3]) gefunden. Die von Runge und Paschen gemessenen, sehr starken Anomalien der anderen Linien treten in den von uns benutzten schwachen Feldern noch nicht hervor.

Verschiedenheiten in der Intensität der beiden äußeren Komponenten des Triplets konnten wir nicht bemerken.

Man wird aus obigen Angaben schließen müssen, daß entweder die Theorie für den vorliegenden Fall noch einer Ergänzung bedarf,

1) S. Simon, Wied. Ann. **69**, 589, 1899.
2) C. Runge u. F. Paschen, Abhandl. d. Berl. Akademie 1902, Anhang.

oder daß die Anzahl N der geladenen Moleküle zu klein war und sich auf diese Weise die Unsymmetrie der Beobachtung entzog.

Charlottenburg, Physik.-Techn. Reichsanstalt.

(Eingegangen 9. Oktober 1906.)

Diskussion.

Voigt (Göttingen): Die Resultate haben mich außerordentlich interessiert. Ich möchte aber dazu daran erinnern, wie seinerzeit die Entwicklung unserer Kenntnis dieser Dinge in dem Gebiet, das der Vortragende behandelt hat, vor sich gegangen ist. Ich hatte im engen Anschluß an Lorentzsche Vorstellungen ein „Erklärungssystem" vorgeschlagen, und dieses signalisierte die Existenz einer solchen Dissymmetrie. Ich teilte das generelle Resultat Herrn Professor Zeeman mit, ohne ihm den Sinn der Erscheinung anzugeben. Zeeman hat dann in mehreren Fällen die Dissymmetrie aufgefunden, und zwar immer in dem Sinn, wie die Theorie sie verlangte.

Es ist nun sehr schwierig, zu sagen, welche Feldstärke nötig ist, damit die Dissymmetrie merklich wird; denn wir kennen die Parameter der Spektrallinien zu wenig; sie sind erst für ganz wenige Substanzen bestimmt, z. B. für Natriumdampf, und auch da nur in einer rohen Annäherung unter Zuhilfenahme von Hypothesen. Ich glaube also nicht, daß man zunächst einen prinzipiellen Einwand gegen die mit so vielen Beobachtungen übereinstimmende Theorie zu erheben hat. Aber es ist eine eigentümliche Sache, daß bei der grünen Quecksilberlinie die Erscheinung nicht eingetreten ist. Um so mehr wäre eine Fortführung der Untersuchungen erwünscht.

Vortragender: Vielleicht ist das darauf zurückzuführen, daß im Geißler-Rohr die Zahl der Moleküle beim Quecksilber zu klein ist, während Zeeman mit Eisen gearbeitet hat.

Runge: Es gibt doch eine ganze Zahl von Linien im Quecksilberspektrum, die genau das Verhältnis $\frac{\varepsilon}{\mu}$ liefern. Ich habe für diese einen Mittelwert erhalten, der mit der neuesten Bestimmung von Bestelmeyer sehr genau übereinstimmt, bis auf 1—2 Proz. Wie wäre es, wenn Sie diese Linien, die ein ganz normales Triplet zeigen, untersuchen wollten?

Vortragender: Das hat die Schwierigkeit, daß sie keine Trabanten haben.

Runge: Sie können doch die Hauptlinie untersuchen.

Vortragender: Bei der dunkelgrünen geht es noch, aber kaum bei den anderen Linien.

Runge: Hängt das nicht von dem Druck ab, den Sie in Ihrer Lampe haben?

Vortragender: Wir haben ein Geißler-Rohr, und der Druck ist so weit erniedrigt, als es möglich ist.

Runge: Man kann doch sehr feine Linien machen.

Vortragender: Ja, trotzdem ist bei unseren Versuchen die Breite des Trabanten etwa $^1/_{10}$ des Abstandes der äußeren Komponenten.

Runge: Wie ist es mit der Proportionalität der Aufspaltung mit der Feldstärke? Haben Sie das untersucht?

Vortragender: Ja, sie ist gewahrt.

Runge: Auch bis zu ganz hohen Feldern?

Vortragender: Nach oben haben wir das noch nicht untersucht, wir haben lediglich nach unten extrapoliert, um zu sehen, ob man auf den richtigen Nullpunkt kommt.

J. Zenneck (Braunschweig), Ein einfaches Verfahren zur Photographie von Wärmestrahlen.

Das Verfahren beruht auf der bekannten Tatsache[1]), daß manche Entwickler bei niederen Temperaturen fast nicht auf die photographische Platte wirken. Badet man also eine belichtete Platte in einem solchen kalten Entwickler, so wird sie nicht geschwärzt. Nimmt man dann die Platte aus dem Entwickler heraus und läßt z. B. durch ein Diaphragma Wärmestrahlen auf die Platte fallen, so wirkt der Entwickler nur an denjenigen Stellen, an denen die Platte durch die Wärmestrahlen getroffen und erwärmt wird. Nur diese Stellen werden also geschwärzt, und man erhält eine Abbildung des Diaphragmas durch die Wärmestrahlen.

Der Gedanke, die Temperaturempfindlichkeit der Entwickler zur Photographie von Wärmestrahlen zu verwerten, ist so naheliegend, daß ich nicht gewagt hätte, an dieser Stelle darüber zu berichten, zumal da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind. Allein es hat sich schon jetzt gezeigt, daß die Empfindlichkeit des Verfahrens trotz seiner Einfachheit größer ist, als man wohl von vornherein erwartet. Ich möchte dies an drei Beispielen zeigen.

1. Wärmequelle ein Topf mit nahezu kochendem Wasser. In einer Entfernung von ca. 10 cm davon als Diaphragma ein Blech, in welches ein W eingeschnitten ist. Dahinter die Platte. Sie sehen das Bild des W, hervorgerufen durch die Wärmestrahlen des Wassers.

2. Aus einem Blech ist ein Rechteck und ein Halbkreis ausgeschnitten, das Rechteck mit

1) Anm. bei der Korrektur: Diese spielte schon vor einigen Jahren eine Rolle, als durch dieselbe L. Graetz (Münchener medic. Wochenschrift 1898, No. 33) u. E. Jacobsen (Photogr. Rundschau 1898, S. 461) die Strahlen erklärten, welche nach Luys (C. R. de la société de biologie 29. Mai 1897) die menschliche Hand aussenden sollte.

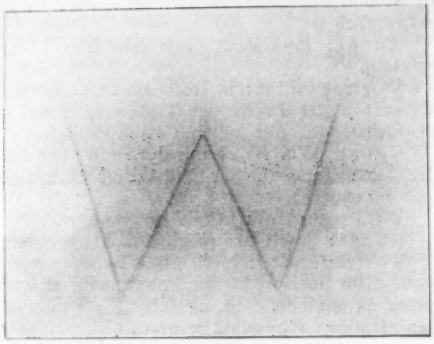


Fig. 1.[1])

einer Hartgummiplatte, der Halbkreis mit einer Glasplatte bedeckt. Dahinter die photographische Platte. Läßt man die Wärmestrahlen eines Topfes mit heißem Öl oder Blei auf das Blech fallen, so erscheint auf der Platte das Rechteck sehr stark, der Halbkreis sehr schwach abgebildet (Fig. 2): Die langwelligen Wärmestrahlen werden von der Hartgummiplatte weniger stark

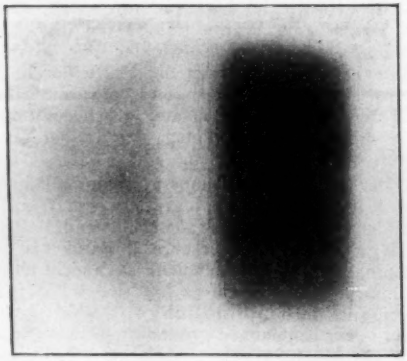


Fig. 2.[1])

als vom Glas absorbiert. Ersetzt man die Wärmequelle durch eine Lichtquelle, so bekommt man auf einer in gewöhnlicher Weise behandelten Platte natürlich das Gegenbild: der Halbkreis wird sehr stark, das Rechteck nicht abgebildet.

3. Eine *V*-förmige Röhre ist so angebracht, daß von ihr ein Hohlspiegel ein möglichst scharfes Bild auf der photographischen Platte entwirft. Läßt man heißes Öl durch die Röhre fließen, so erscheint auf der mit kaltem Entwickler getränkten Platte ein Bild der Röhre,

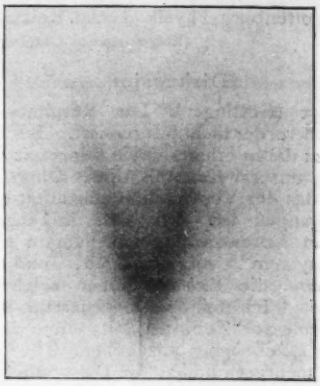


Fig. 3.[1])

hervorgerufen durch die Wärmestrahlen, die sie aussendet. Unter besonders günstigen Umständen habe ich auch ein schwaches Bild eines Rohres, das von Wasserdampf durchströmt war, erhalten.

Zur Ausführung des Verfahrens bemerke ich noch das Folgende.

Als Entwickler eignen sich Hydrochinon und Glycin, wahrscheinlich auch Rodinal[2]), mit dem ich aber noch keine Versuche machen konnte.

Eine besondere Plattensorte ist zum Gelingen des Versuchs nicht erforderlich. Günstig sind Platten mit dicker Gelatineschicht. Ich habe gute Erfahrungen gemacht mit den sogenannten lichthoffreien Platten von Unger und Hoffmann (Berlin-Dresden), habe aber bis jetzt nur sehr wenige vergleichende Versuche angestellt.

Da die Gelatineschicht mit kaltem Entwickler sich nicht kräftig vollsaugt, so empfiehlt es sich, zuerst die unbelichtete Platte in warmem Entwickler zu baden, dann in kalten Entwickler zu bringen, nun zu belichten und sie dann den Wärmestrahlen auszusetzen. Während die Platte den Wärmestrahlen ausgesetzt ist, ist es gut, sie in einen kleinen Kasten zu legen, der von Eis umgeben ist, damit sie sich nicht im ganzen erwärmt.

1) Negativ!

1) Negativ!

2) Anm. bei d. Korrekt. Ich schließe das aus der Mitteilung von E. Jacobsen, l. c.

(Eingegangen 9. Oktober 1906.)

Diskussion.

Goldstein: Ich möchte den Vortragenden um Auskunft bitten, aus welcher Fabrik das als gewöhnliches Objektiv bezeichnete Glas stammt?

Vortragender: Es ist ein Busch-Objektiv, Omnar Serie III mit 25 cm Brennweite und dem Öffnungsverhältnis von $\frac{f}{7{,}7}$. Es kostet ca. 139 Mark.

N. N.: Ich möchte noch eine Frage an den Vortrag des Herrn Zenneck anknüpfen. Er hat gezeigt, wie Wärmestrahlen zu photographieren sind. Läge nicht auch die Möglichkeit vor, dies zur Temperaturbestimmung zu benutzen? Ließe sich die Methode nicht so ausarbeiten, daß man aus der Photographie einen Schluß auf die Temperatur ziehen könnte.

Zenneck: Das kann ich nicht beurteilen. Wenn man einen Bunsenbrenner photographiert, so werden die Teile am dunkelsten, die am heißesten sind. Ob man das aber zu diesem Zweck anwenden kann, vermag ich nicht zu beurteilen.

N. N.: Darnach scheint es also doch möglich zu sein. Mir scheint das besonders für die Temperaturbestimmung explodierender Stoffe von Wert sein zu können. Den Herren, die sich dafür interessieren, wird wohl meist die Gelegenheit fehlen, mit Sprengstoffen zu operieren. Ich stelle daher solchen Herren das Laboratorium meiner Fabrik gern zur Verfügung.

BESPRECHUNGEN.

J. J. Thomson, Elektrizitäts-Durchgang in Gasen. Deutsche autorisierte Ausgabe. Unter Mitwirkung des Autors besorgt und ergänzt von Erich Marx. gr. 8. VIII u. 587 S. mit 187 Figuren im Text. Leipzig, B. G. Teubner. 1905—1906. M. 18,—.

Vor einiger Zeit konnte ich[1]) über das Erscheinen der ersten Lieferung dieser Ausgabe des Thomsonschen Werkes berichten. Nunmehr liegt das Buch abgeschlossen vor. Was ich seinerzeit über die erste Lieferung bemerkt habe, behält auch für die zweite und dritte Gültigkeit. Ich hatte damals den Wunsch nach einer freieren Behandlung des Stiles bei der Übersetzung geäußert; dieser Wunsch ist besonders bei der Lektüre der ersten Hälfte der zweiten Lieferung in mir lebendig geworden. Die Beibehaltung der langen Perioden des Originals auch im deutschen Text ist nicht ohne Gefahr für die Verständlichkeit. Im vorliegenden Falle tritt noch erschwerend eine auffallende Häufung von Druckfehlern in diesem Teile hinzu. — Sehen wir von diesen Äußerlichkeiten ab, so müssen wir die Fertigstellung der deutschen Ausgabe mit Freuden begrüßen. Dem Herausgeber gebührt herzlicher Dank für seine mühevolle Arbeit. Max Iklé.

1) Diese Zeitschr. 7, 333—334, 1906.

(Eingegangen 26. Juli 1906.)

Paul Högner, Lichtstrahlung und Beleuchtung. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen, herausgegeben von G. Benischke, Heft 8.) 8. X u. 66 S. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn. 1906. — M. 3,—, in Lwd. geb. M. 3,50.

Dieses Buch wendet sich in erster Linie an den Beleuchtungstechniker. Es unterrichtet ihn über die Lichtausstrahlung von Flächen und Körpern und gibt ihm höchst wertvolle Anleitung für die Wahl der Lampen, deren erforderliche Anzahl, ihre Verteilung und Aufstellung, entsprechend den vielseitigen und überaus verschiedenartigen Ansprüchen, welche die Praxis im Einzelfalle an ihn stellt. Eine Reihe von Tabellen fördert den Zweck des Werkes, dem es sicherlich an einem großen Leserkreise nicht fehlen wird. Max Iklé.

(Eingegangen 1. Oktober 1906.)

Ostasiatischer Erdbebenkatalog. Verzeichnis der im Jahre 1904 auf den Erdbebenstationen in Japan, Formosa, Manila und Batavia registrierten Störungen. Zusammengestellt von E. Rudolph. (Aus Beiträge zur Geophysik. Zeitschrift für physikalische Erdkunde. Herausgegeben von G. Gerland. VIII. Band, 1. Heft.) gr. 8. 106 S. mit 1 Tafel und 1 Abbildung im Text. Leipzig, Wilhelm Engelmann. 1906. Preis des Heftes 5 M.

Der vorliegende Katalog stellt das Beobachtungsmaterial, das der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg i. E. infolge des einheitlich geregelten seismischen Nachrichtendienstes reichlich zugebt, nach bestimmten Grundsätzen zusammen. Er umfaßt die Registrierungen der in der Überschrift genannten Stationen und gibt in ausgedehntem Maße Auskunft über die makroseismisch erschütterten Punkte, aus der sich über die Lage des Epizentrums Schlüsse ziehen lassen. Aber auch die Registrierungen von Fernbeben d. h. solcher Beben, deren Epizentren nicht im ost-

asiatischen Gebiet liegen, sind in dem Katalog aufgenommen. Derselbe hat einen großen wissenschaftlichen Wert für die Kenntnis der Verteilung der Epizentren in Ostasien. Dann gibt er aber auch ein umfangreiches Material zur Hand, das u. a. zur Lösung der Frage über die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit der Erdbebenwellen dient. Dies halte ich für besonders wichtig. Gehen wir nun zur Besprechung über die einzelnen Hauptpunkte: Beobachtungsmaterial, Instrumente, Verteilung der Stationen, Anlage des Kataloges über. Für das Beobachtungsmaterial standen dem Verfasser die amtlichen Mitteilungen der Konsulate in Yokohama für die mikro- und makroseismischen Störungen in Japan, in Tamsui-Twatutia für Formosa zur Verfügung; ferner wurden benutzt die Veröffentlichungen im Bulletin des „Philippine Weather Bureau" und die „Observations made at the Royal Magnetical and Meteorological Observatory at Batavia". Die Resultate der Messungen der Stationen Kaeta-Radja auf Sumatra (Leiter C. Lau) und Si-ka-wei bei Shanghai (Leiter Louis Froc S. J.) lagen dem Verfasser handschriftlich vor; die Registrierungen der Station Batavia (Leiter S. Figee) sind ihm im Original zugesandt worden; der Verfasser hat diese selbst ausgemessen. Wie ersichtlich, sind an dem Ausmessen der in Frage kommenden Seismogramme eine Reihe von Beobachtern beteiligt. Es drängt sich nun die Frage auf: ist das Material bezüglich der Auffassung, Ausmessung der Seismogramme ein homogenes? Die Antwort hierauf ist eine negative; der Wert der zahlreichen Angaben wird hierdurch etwas beeinträchtigt. Dies liegt jedoch nicht am Verfasser, sondern am Beobachter, der wenigstens einen Durchschnittswert für die Genauigkeit seiner Ausmessungen, sofern sie von seiner persönlichen Auffassung herrühren, hätte angeben können. Die Angabe der Sekunden, abgesehen von den Registrierungen vom Rebeurpendel in Batavia, ist wohl richtiger durch die Angabe von Bruchteilen von Minuten zu ersetzen. Dies schließt dann eine Ungenauigkeit von 3 bis 4 Sek. ein, die dem tatsächlichen Fehler der Ablesung wohl mindestens gleichkommen dürfte; aber auch bei den Ablesungen der Bataviaseismogramme vom photographisch registrierenden Pendel nach Rebeur-Ehlert hätte die Unsicherheit in Sekunden ausgedrückt, etwa wie in den Potsdamer Zusammenstellungen von Hecker, angegeben werden können. Es muß zugegeben werden, daß die Auffassung und Ausmessung der Seismogramme oft sehr schwierig ist und große Übung erfordert; es gibt Seismogramme, die sich sehr leicht einteilen lassen und solche, die wiederum viel Mühe machen und doch nach der schließlich erhaltenen Ausmessung ein unsicheres Gefühl bezüglich der tatsächlichen Richtigkeit hinterlassen. In solchen Fällen namentlich sollte die betreffende Stelle mit Einschluß von etwa $\pm$ 3 Min. des übrigen Störungsteiles entweder mit abgedruckt oder aber der Zentralstelle in Straßburg, wo diese Kataloge regelmäßig bearbeitet werden sollen, zugesandt werden, um dort definitiv und eventuell mit Angabe des möglichen Fehlers festgelegt zu werden. Das Radikalheilmittel wäre allerdings das, daß alle Störungen im Original von einem Beobachter ausgemessen werden, der in zweifelhaften Fällen mehrere andere heranzieht, die unabhängig voneinander die in Frage kommende Stelle festlegen sollen; daß das eine Arbeit ist, durch die die an und für sich schon sehr mühevolle Arbeit der Bearbeitung eines Erdbebenkataloges noch mehr vergrößert wird und in möglichst kurzer Zeit gar nicht bewältigt werden kann, sieht Referent ein und daher bleiben vielleicht die ersten Vorschläge zu überlegen. An allen Zeitangaben ist der Uhrstand bereits angebracht; es wäre auch sehr nützlich, wenn eine Angabe über die Sicherheit der Uhrstände, wenigstens im Durchschnitt, angeführt wäre, das sollte allen Beobachtern nahegelegt werden. Die Unsicherheit der Messung selbst, soweit sie durch die Geschwindigkeit der Registriertrommel bedingt ist, kann bei Kenntnis dieser leicht überschlagen werden. Bisher ist von der Abhängigkeit der Zeitangaben, von der Empfindlichkeit des Instrumentes noch nicht die Rede gewesen, zieht man aber diesen Umstand mit in Betracht, wie es auch sein muß, so muß man in bezug auf den Genauigkeitswert noch vorsichtiger sein. Die Instrumente, die hier in Betracht kommen, beruhen größtenteils auf dem Prinzip der Horizontalpendel; der in Manila aufgestellte Mikroseismograph Vicentini, beruht auf dem der Vertikalpendel beschrieben in Gerlands Beiträge zur Geophysik Bd. 3 oder in den Abhandlungen von Vicentini. Von dem ersten System kommen hier in Betracht der Seismograph von „Gray-Milne", das Horizontalpendel nach „Milne" und das nach „v. Rebeur-Ehlert", auch beschrieben l. c. Das in Si-ka-wei aufgestellte Horizontalpendel nach Omori ist der von Omori verbesserte Typus „Grablowitz", cf. l. c.; das „Straßburger Horizontalschwerpendel" ist das mit einigen Änderungen versehene Omorische Horizontalpendel.[1]) Über die Konstanten ist näheres im Katalog nur beim v. Rebeur-Ehlertschen Pen-

1) Dieses Pendel, dessen Empfindlichkeit neuerdings durch Anbringung verschiedener Verbesserungen vergrößert ist, ist ebenso, wie das in Batavia aufgestellte photographisch registrierende v. Rebeur-Ehlert-Pendel von der Firma J. u. A. Bosch in Straßburg i. E. gebaut. Referent.

del angegeben und beim Mikroseismograph Vicentini. Beim ersteren fehlt aber die Entfernung „Spiegel-Walze", die man sich aber aus den angegebenen Reduktionskonstanten herausrechnen kann. Die 0,567 angegebene Schwingungsdauer des vertikal eingehängten Pendels dürfte wohl die ganze und nicht die halbe sein. Der Beobachter in Manila hat den Vergrößerungsfaktor nicht angeführt. Über die anderen Instrumente ist von den Beobachtern leider nichts angegeben, so daß im Katalog nichts darüber verzeichnet steht. Es ist sehr wünschenswert, wenn den Ausmessungen des Seismogramms stets auch die Konstanten des betreffenden Instrumentes beigegeben werden. Den Angaben über die Konstanten müßten auch nähere Angaben beigefügt werden, die sich auf den Raum, in dem das Pendel aufgestellt ist, beziehen; auch solche über die geologische Beschaffenheit des Bodens und wie weit der äußere Verkehr von Einfluß ist, wären von großer Wichtigkeit für die Beurteilung der Ausmessungen.

Geht einer seismischen Störungsfigur eine bemerkenswerte Bodenunruhe voraus, so ist auch dieser Umstand anzuführen. Daß die Angaben der Seismogrammausmessungen nicht nur von der verschiedenen Auffassung der Beobachter, sondern auch von der Verschiedenheit der Instrumentensysteme beeinflußt werden, ist klar. Entweder man findet Mittel und Wege, die Angaben des einen Systems auf ein Normalsystem zu reduzieren, oder man beschränkt sich eben nur auf nahezu einwandfreie Instrumente. Welche das sind, wenigstens soweit es sich nicht allein um statistische Fragen handelt, dürfte die Zukunft wohl bald entscheiden, auch kann hier die internationale Erdbebenassoziation heilbringend eingreifen. Auch der Verfasser betont ganz besonders die erforderliche Einheit und Gleichwertigkeit der Instrumente. Von großem Interesse ist der Umstand, daß in Batavia zwei verschiedene Instrumente aufgestellt sind, ein Pendel nach v. Rebeur-Ehlert und eins nach Milne. Ersteres ist das einzige hier in Betracht kommende Instrument mit Dämpfung, die aber leider zu schwach ist. Das bei einigen Störungen vom Verfasser erwähnte regelmäßige Anschwellen der Ausschläge liegt in der zu geringen Dämpfung und wohl auch darin, daß die auftretenden Perioden der Erdbebenwellen zur Eigenperiode des Instrumentes kommensurabel sind. In Batavia sind von beiden Instrumenten, wie Referent sich überzeugt hat, 85 Aufzeichnungen, die sich auf dasselbe Beben beziehen, gemacht worden. Referent hat die Differenzen der Eintrittszeiten der ersten Phase (beim Milnependel, ebenso auch bei den anderen, außer beim Rebeurpendel sind durchweg nur diese und zum großen Teil auch das Maximum angesetzt) im Sinne Rebeur-Milne gebildet und findet kurz folgendes: Das Milnependel gibt den Beginn der Störungskurve fast durchweg zu spät an, und zwar ist bei dem Beben, deren Epizentren nahe dem Beobachtungsort liegen, dieser Unterschied kleiner, als bei entfernten Epizentren. Angeführt sei nur noch, daß bei 22 diese Differenz $\leqq 1^{min}$, bei $15 \leqq 2^{min}$ ist; bei anderer Gelegenheit geht Referent auf diese wie auf die anderen Aufzeichnungen näher ein. Von den erwähnten 85 Aufzeichnungen haben 25 bekannte Epizentren. 17 in Batavia (v. Rebeur-Ehlertpendel) und in Manila (Vicentinipendel) zugleich registrierte Störungen haben bekannte Epizentren. Das v. Rebeur-Ehlertpendel in Batavia hat 47 Störungen mit bekannten Epizentren aufgezeichnet. Die aufgezeichneten Störungen, deren Epizentren in Ostasien liegen, findet Referent zu 1157, durchschnittlich fallen auf die Monate Januar bis April einschl. 85, Mai bis August einschl. 111, September bis Dezember einschl. 93. Fernbeben, deren Epizentren nicht in Ostasien liegen, sind in Batavia vom v. Rebeur-Ehlertpendel 42 verzeichnet, die auch, wie Referent sich überzeugt, zum großen Teil auf europäischen Stationen verzeichnet sind. Man könnte noch auf weitere Einzelheiten eingehen, doch wäre dies hier zu weit. Erwähnt sei noch, daß Verfasser die Aufzeichnungen des v. Rebeur-Ehlertpendel nach dem gekürzten allgemeinen Schema gegeben hat, also V_1, V_2 und B, abgesehen von den wenigen Fällen, wo eine Einteilung unmöglich war. Referent hat den Eindruck, daß von den hier benutzten Instrumenten das letzere entschieden das beste ist. Verfasser geht auch auf die Verteilung der Stationen näher ein und wünscht mit Recht eine Besserung. Zum Schluß mögen noch einige Bemerkungen über die Anlage des Kataloges gestattet sein. Der Katalog enthält auch Spalten für Ort, Datum Gesamtdauer und für durchweg in M. Zt. Gr. gegebenen Einheitszeiten der ersten und zweiten Vorphase, des Hauptbeben und des Maximums; ebenso enthält eine Rubrik Angaben für die makroseismische Erschütterung. Unter Bemerkung stehen der Charakter für die gefühlten Beben und sonstige kleine Angaben. Referent möchte hier dem Wunsche Ausdruck geben, ob es nicht möglich wäre, wenn es das Seismogramm zuläßt, Angaben über Perioden, die sich besonders herausheben und Bodenbewegung in μ für solche Stellen — sind die Instrumentalkonstanten vorhanden, so genügen auch die betreffenden Ausschläge in mm — anzuführen. Ganz besonders markante Stellen im Beben werden sich auf anderen Stationen wiederfinden und ein Vergleich dieser ist von großem Interesse.

Auch würde eine kurze Zusammenstellung einzelner wichtiger Daten, z. B. der bekannten Epizentren, der Häufigkeit ihres Auftretens von Interesse sein. Sehr angenehm wäre es auch, wenn die Schüttergebiete in eine Karte eingetragen wären. Das in dem Katalog mit großer Sorgfalt zusammengestellte Material bietet uns, soweit es das betreffende Instrument zuläßt, eine Quelle zur Aufklärung verschiedentlicher noch schwebender Fragen in der Seismologie.

Straßburg, September 1906.

Dr. C. Mainka.

(Eingegangen 3. Oktober 1906.)

Briefkasten.

Über das Zerschlagen alter Glühlampen.

Kürzlich sollte eine ausgebrannte, glatte 50-Kerzenglühbirne zerschlagen werden. Dazu wurde, während man sie an der Fassung in der Hand hielt, mit einer Eisenzange ein Schlag gegen die Glaswand geführt. Die Folge war, daß an der getroffenen Stelle A (in der Figur

vorne) ein zackig begrenztes Loch entstand, von dem strahlenförmig Sprünge nach mehreren Richtungen ausgingen; — gleichzeitig aber sprang an der diametral gegenüber gelegenen Stelle B (in der Figur hinten) ein scharf begrenztes, exakt kreisförmiges Loch von 8 mm Durchmesser aus.

Die Erscheinung läßt sich vermutlich so deuten, daß man es hier bei B mit einem Gegenknotenpunkt der Spannungslinien zu tun habe; auch mag die bei A in das Vakuum einströmende Luft dabei eine Rolle spielen.

Da jedes Institut eine größere Zahl ausgebrannter Glühbirnen besitzen dürfte, wäre das Experiment leicht oft zu wiederholen und es wäre von Interesse zu erfahren, mit welchem Erfolg die Wiederholungen vor sich gingen — und wieviele Glühlampen dem zuliebe zerschlagen wurden.

Wien, Physikalisches Institut, Oktober 1906.

Stefan Meyer.

(Eingegangen 12. November 1906.)

Berichtigungen.

H. Witte, Mechanische Erklärung der elektrischen Erscheinungen, diese Zeitschrift **7**, 779—786, 1906.

1. Die 6 letzten Zeilen der rechten Spalte von Seite 780 gehören hinter die Übersicht über die denkbaren mechanischen Theorien der elektrischen Erscheinungen;

2. Seite 781 links, Zeile 6 v. u., statt $k\frac{p\,q}{d\,t}$ lies $k\frac{d\,\mathfrak{q}}{d\,t}$,

ebenda, Zeile 3 v. u., statt Geschwindigkeit q lies Geschwindigkeit $\dot{\mathfrak{q}}$,

ebenda rechts, Zeile 8 v. o., statt q lies $\dot{\mathfrak{q}}$;

3. Seite 782 links, Zeile 18 v. u., statt $\dot{q}$, und ebenda rechts, Zeile 8 v. o., statt q lies $\dot{q}$.

Herr Dr. Anschütz-Kaempfe, Kiel, hatte die Liebenswürdigkeit, mich auf einen Schreibfehler in meiner Arbeit in dieser Zeitschrift **7**, 535, 1906: Die Verwendbarbeit des Rotationskompasses als Ersatz des magnetischen Kompasses, aufmerksam zu machen:

„In den Gleichungen (2) sind die Vorzeichen im Ausdruck der z-Komponente der Erddrehung zu vertauschen. Dadurch wird der Term $\Theta \cdot \varrho \cdot \omega \sin \varphi$ der Gleichung (4) und folgende positiv anstatt negativ; die Resultate werden indessen hierdurch nicht beeinflußt, da der Term als Konstante bei der Differenzierung verschwindet. Wenn Herr Dr. Anschütz-Kaempfe mir ferner mitteilt, daß derselbe mit den Schlußfolgerungen nicht ganz einverstanden ist, so würde es mich freuen, wenn derselbe in dieser Zeitschrift seine Ansicht näher begründen würde, damit ich zu derselben Stellung nehmen kann."

O. Martienssen.

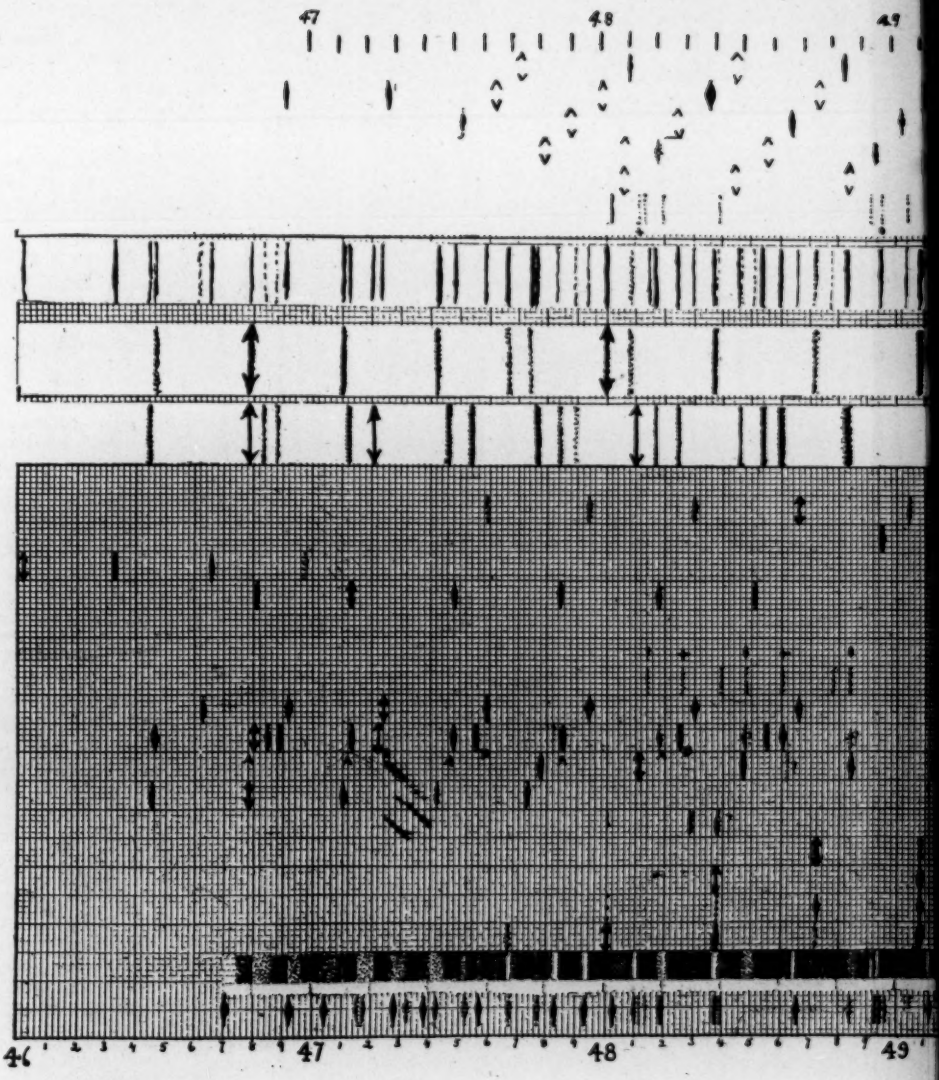
Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

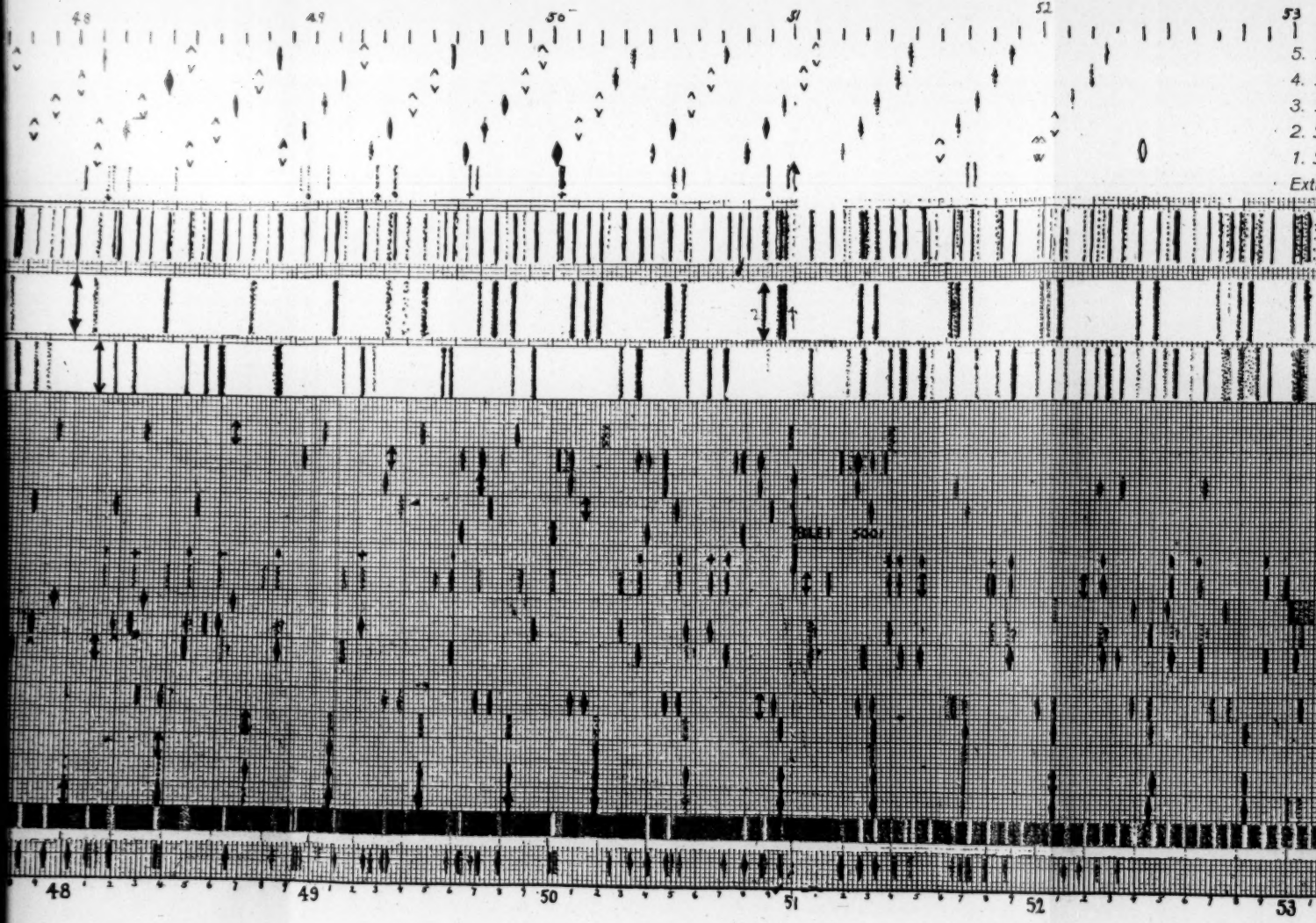
Ernannt: Zum auswärtigen Mitgliede der Akademie der Wissenschaften zu Upsala der Professor der mathematischen Physik Dr. M. Planck in Berlin.

Gestorben: In Zürich der Physiker und Mathematiker Dr. August Weilmann, Professor an der Kantonsschule, in Göttingen der Chemiker Dr. Peter Geib, Assistent am landwirtschaftlich-bakteriologischen Institut, der frühere ord. Professor für Physik an der Universität Rostock Dr. phil. et med. Ludw. Matthiessen.

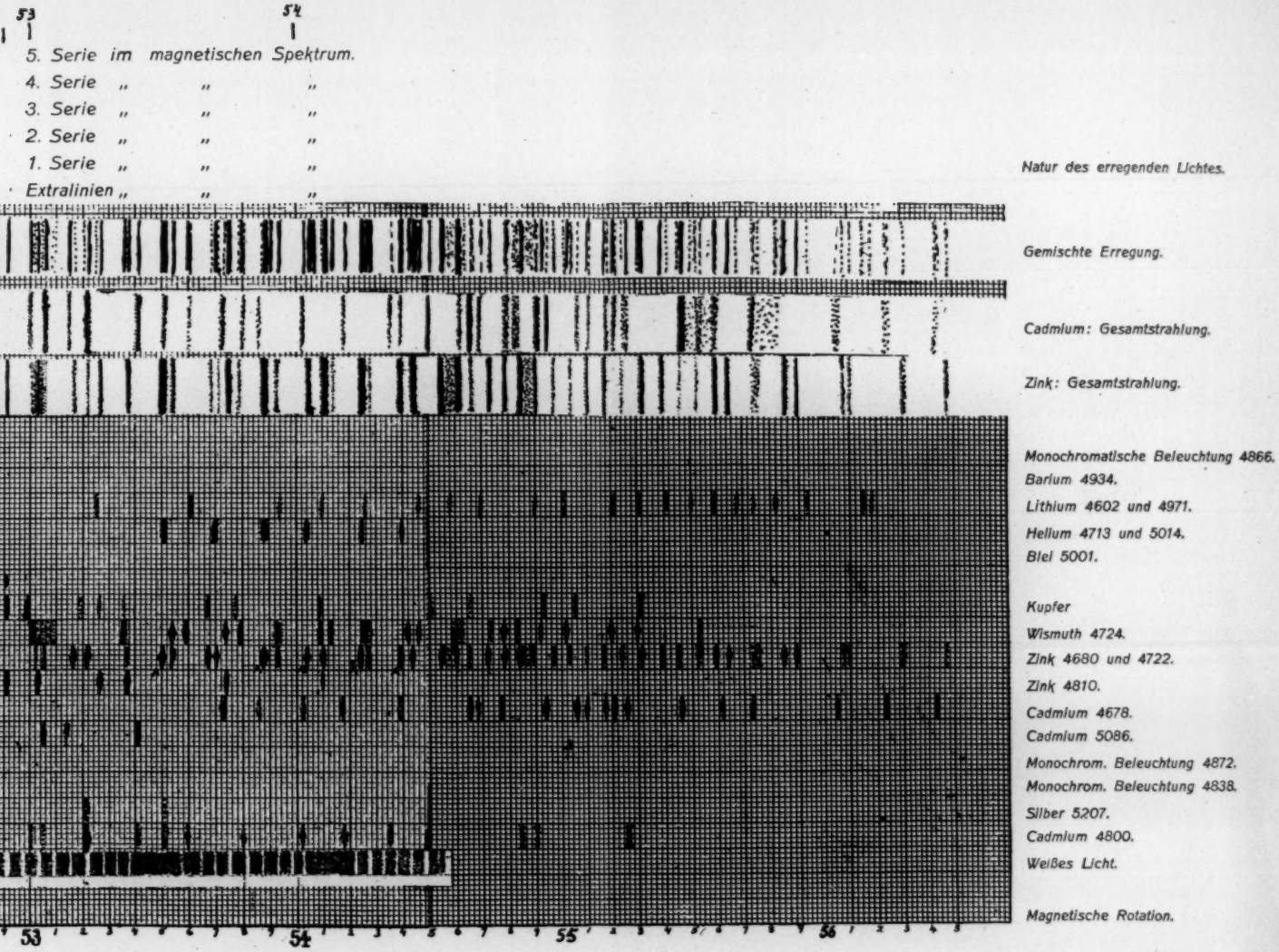
Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Emil Bose in Oliva bei Danzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.



Verlag von S. Hirzel, Leipzig.



Figur 4.



Photolith. Julius Klinkhardt, Leipzig.